Deutscher Bundestag
13. Wahlperiode

Drucksache 13/6300

27. 11. 96

Unterrichtung

durch die Bundesregierung

Waldzustandsbericht der Bundesregierung 1996
– Ergebnisse der Waldschadenserhebung –

Inhaltsverzeichnis

Zugeleitet mit Schreiben des Bundesministers für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten vom 22. November 1996 gemäß Beschluß des Deutschen Bundestages.

Verzeichnis der im Text enthaltenen Tabellen, Abbildungen und Karten

Tabelle

Seite

Abbildung

Karte

Kurzfassung

I. Bedeutung des Waldes und forstpolitische Ziele der Bundesregierung

In Deutschland ist ein Drittel der Landesfläche bewaldet. Der Wald erfüllt **unverzichtbare Funktionen** für Wirtschaft, Natur und Gesellschaft.

Unser Wald

- ist Erwerbs- und Einkommensquelle für zahlreiche Menschen, insbesondere im ländlichen Raum,
- liefert den umweltfreundlichen nachwachsenden Rohstoff Holz,
- speichert Kohlendioxid,
- reguliert den Wasserhaushalt und trägt zur Grundwasserneubildung bei,
- schützt den Boden vor Erosion und verhindert Geröll- und Schneelawinen im Gebirge,
- ist Lebensraum für viele Pflanzen und Tiere und damit ein wichtiger Faktor beim Erhalt der biologischen Vielfalt,
- bietet dem Menschen vielfältige Möglichkeiten für Entspannung und Erholung.

Angesichts dessen ist es das zentrale **Ziel der Forstpolitik** der Bundesregierung, die Funktionsfähigkeit der Wälder auf Dauer zu erhalten und zu verbessern. Um dies zu erreichen, ist eine wirtschaftliche Nutzung des Waldes unerläßlich. Es kommt deshalb darauf an, die Leistungsfähigkeit der Forstbetriebe zu stärken und die Wettbewerbsfähigkeit des Rohstoffes Holz zu verbessern.

Die Widerstandsfähigkeit der Wälder gegen schädigende Einflüsse muß erhöht werden. Dabei geht es vor allem darum, das Prinzip der Nachhaltigkeit der Bewirtschaftung zu stärken.

Um die forstpolitischen Ziele zu erreichen, ist es auch erforderlich, die Belastung der Wälder mit Luftverunreinigungen zu verringern. Die Bundesregierung hat hierzu seit 1982 eine Reihe von Maßnahmen auf nationaler und internationaler Ebene durchgesetzt. Sie sind insbesondere darauf gerichtet, die Luftschadstoffe mit ihrer Schlüsselrolle für die Neuartigen Waldschäden zu reduzieren. Diese Politik hat auch für die Zukunft hohe Priorität.

II. Waldzustand 1996

1. Erhebungsmethode

Seit 1984 führen die Länder die Waldschadenserhebung nach einem einheitlichen, mit dem Bund abgestimmten und von Wissenschaftlern entwickelten Verfahren durch. Dieses Verfahren liefert mit vertretbarem Aufwand kurzfristig verfügbare Angaben über den Waldzustand. Das Ergebnis der Erhebung spiegelt den Einfluß aller Faktoren, die den Kronenzustand beeinflussen, wider.

Diese Methode der Waldschadenserhebung wird auch auf europäischer Ebene angewandt.

2. Erhebungsergebnisse 1996

Die bis zu 12 Jahre zurückreichenden **Zeitreihen** zeigen, daß die anfänglichen pessimistischen Prognosen vom raschen und großflächigen Sterben unserer Wälder nicht eingetroffen sind. Je nach Baumart, Region und Jahr haben sich die Wälder unterschiedlich entwickelt. Bundesweit hat sich 1996 der Waldzustand wie 1995 verbessert. Im Bundesdurchschnitt weisen 20 % der Bäume deutliche Schäden auf (Schadstufen 2–4, d. h. über 25 % Nadel-/Blattverlust). Im Vergleich dazu betrug 1994 der Anteil deutlicher Schäden noch 25 %. Die Fichten, mehr noch die Kiefern zeigen in den letzten Jahren eine Tendenz zur Verbesserung. Die Buchen verharren auf einem hohen Schadniveau. Die Eichen haben sich allerdings seit Beginn der Erhebung verschlechtert.

Regional bestehen z. T. **große Unterschiede** in der Höhe und im Trend der Schadentwicklung:

In der Gruppe der **süddeutschen Länder** stabilisierte sich der Anteil deutlich geschädigter Bäume auf dem hohen Niveau von 25 %.

Erfreulich ist, daß sich die deutlichen Schäden in der Gruppe der **ostdeutschen Länder** von 38 % im Jahre 1991 auf 16 % im Jahre 1996 mehr als halbiert haben. Auffällig ist die Parallelität der Entwicklung des Schadniveaus und des Rückgangs der Emissionen.

Für die Gruppe der **nordwestdeutschen Länder** kann in diesem Jahr keine Aussage gemacht werden, da Nordrhein-Westfalen die Punkte im 16 x 16 km-Raster aufgenommen hat und sich wegen seines geringen Stichprobenumfangs daraus kein Landesergebnis berechnen läßt.

Bei den einzelnen **Baumarten** liegt der Anteil deutlich geschädigter Bäume unterschiedlich hoch.

Bei den Fichten weisen 18 % deutliche Schäden auf. Seit 1993 deutet sich ein Trend zur Verbesserung an.

13 % der Kiefern sind deutlich geschädigt. Seit 1991 ging der Anteil der deutlichen Schäden von 29 % auf 13 % zurück. Dies wurde maßgeblich durch die Entwicklung in den kiefernreichen ostdeutschen Ländern bestimmt.

Von den Buchen sind 32 % deutlich geschädigt, 1991 waren es 28 %. Im Mittel der letzten fünf Jahre liegt der Anteil der deutlichen Schäden bei etwa 32 %. Dieses Niveau wurde allerdings 1992 und 1995 deutlich übertroffen.

Von den Eichen sind 48 % deutlich geschädigt. Im Vergleich der Baumarten weist die Eiche die stärksten jährlichen Schwankungen in der Entwicklung auf. Das Niveau der deutlichen Schäden stieg sprunghaft von 31 % im Jahr 1991 auf 45 % in den Jahren 1993 und 1994 an. Nach einem Rückgang der Schäden in 1995 stiegen sie 1996 auf ihr bisher höchstes Niveau von 48 %.

Die Neuartigen Waldschäden sind nicht auf das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland begrenzt. Die Waldschadenserhebungen in den anderen **europäischen Staaten** zeigen, daß auch andere Länder, insbesondere in Osteuropa, betroffen sind.

3. Ursachen der Waldschäden

Die Neuartigen Waldschäden werden durch eine Vielzahl von **Einflußfaktoren** verursacht. Deren Gewicht kann sich von Jahr zu Jahr stark verändern.

Eine Schlüsselrolle bei den Einflußfaktoren spielen die **Luftschadstoffe**.

Luftschadstoffe, insbesondere Schwefeldioxid (SO_2), Stickstoffoxide (NO_x), Ammoniak (NH_3) und Ozon (O_3) belasten die Wälder nach wie vor erheblich; einerseits indem sie direkt auf die oberirdischen Pflanzenorgane einwirken, andererseits indirekt über den Eintrag in den Boden. Die direkte Wirkung von Schadgasen klingt im allgemeinen ab, sobald sich deren Konzentration in der Luft verringert. Die Wirkungen der über Jahrzehnte im Boden akkumulierten Schadstoff- und Säureeinträge halten noch jahrelang an, auch wenn keine Einträge mehr folgen. Die derzeitigen Stickstoffeinträge liegen jedoch zwei- bis fünfmal über dem, war die Wälder für ihr Wachstum benötigen.

Darüber hinaus belasten viele **natürliche Einflußfaktoren** wie z. B. Insekten, Pilze, Witterung und Sturm den Wald. So führen biotische Schaderreger in zeitlichem und regionalem Wechsel zu Schwankungen im Gesundheitszustand der Bäume. Inwieweit der Einfluß von Luftschadstoffen den Angriff von Insekten erleichtert, läßt sich nicht generell abschätzen. Bei der Witterung können auch Ereignisse aus den Jahren vor der jeweiligen Waldschadenserhebung eine Rolle spielen. Daneben beanspruchen Blühen und Fruchtbildung Nährstoffe und Reservestoffe eines Baumes. Zum Ausgleich bildet ein Baum bei starker Fruchtbildung weniger Nadeln bzw. Blätter.

Diese Faktoren haben sich auch 1996 regional und baumartenbezogen sehr unterschiedlich auf den Gesundheitszustand der Wälder ausgewirkt.

Die **forstlichen Maßnahmen** der letzten hundert bis zweihundert Jahre waren zeitweise geprägt von übergroßem Holzbedarf, Notlagen der Kriegs- und Nachkriegsjahre, Naturereignissen und Mangel an geeignetem Saat- und Pflanzgut. Ihre Spuren zeigen sich noch heute. Auch daraus können Belastungen herrühren, die den Waldzustand beeinflussen.

Monokulturen aus Nadelbäumen sind für sich alleine keine Ursache für Neuartige Waldschäden. Wo die Ansprüche der Bäume und die Eigenschaften des Standortes nicht zusammenpassen, können Immissionen aber die Situation so verschlimmern, daß andere Schadfaktoren wie z. B. Insekten oder Stürme leichteres Spiel haben.

III. Maßnahmen der Bundesregierung gegen die Neuartigen Waldschäden

1. Nationale und internationale Ansätze erforderlich

Seit 1982/83 betreibt die Bundesregierung eine gezielte Politik, um die Luftschadstoffe, denen eine maßgebliche Rolle als Streßfaktor bei den Neuartigen Waldschäden zukommt, zu verringern.

Zahlreiche nationale Maßnahmen zur dauerhaften Emissionssenkung wurden ergriffen. Angesichts der weiträumigen, grenzüberschreitenden Ausbreitung der Luftschadstoffe sind darüber hinaus Maßnahmen auf internationaler Ebene erforderlich. Daher hat die Bundesregierung auf EU-weite und internationale Regelungen hingewirkt, um gemeinsame Anstrengungen der Staaten zur Luftreinhaltung zu erreichen. Schwerpunkte liegen dabei insbesondere in den Bereichen Energieerzeugung und Industrieanlagen, Verkehr sowie Landwirtschaft.

2. Luftreinhaltung

Bereits 1983 hat die Bundesregierung das **Aktionsprogramm „Rettet den Wald"** verabschiedet. Erster wichtiger Schritt zur Verringerung der Emissionen im Rahmen dieses Programms war die **Großfeuerungsanlagen-Verordnung** von 1983. Damit konnten bei Großfeuerungsanlagen zwischen 1983 und 1993

- die Schwefeldioxid-Emissionen um 84 % auf 0,30 Mio. t und
- die Stickstoffoxid-Emissionen um 74 % auf 0,25 Mio. t

gesenkt werden.

Weitere Schritte zur wirksamen Verminderung der Schadstoffemissionen sind die **Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft** (1986), die **Kleinfeuerungsanlagen-Verordnung** (1988), die **Novelle des Bundes-Immissionsschutzgesetzes** (1993) und das **Ozongesetz** (1995).

Wichtige Entlastung bei Schadstoffemissionen haben **verkehrspolitische Maßnahmen** gebracht. Trotz gestiegenen Verkehrsaufkommens gingen die verkehrsbedingten Schadstoffemissionen zurück. Seit Ende der achtziger Jahre steigt die Zahl schadstoffreduzierter PKW. 1993 hatten erstmals fast 100 % der neu zugelassenen Pkw mit Ottomotor einen Dreiwegekatalysator. Inzwischen reinigt in zwei von drei

Pkw mit Ottomotor ein geregelter Dreiwegekat die Abgase. Dies ist ein Erfolg der **steuerlichen Förderung schadstoffarmer Pkw** (1985–1992).

Alles in allem konnten mit diesem Bündel von Maßnahmen die Emissionen einzelner Schadstoffe zwischen 1989 und 1994 in Deutschland merklich vermindert werden:

- Besonders erfolgreich sind die Maßnahmen zur Verringerung der SO_2-Emissionen. Für Deutschland insgesamt nahmen sie um 52 % auf 3,0 Mio. t SO_2 ab.
- Auch NO_x-Emissionen konnten erfolgreich verringert werden. Sie nahmen um 24 % auf 2,21 Mio. t ab.
- Die Ammoniakemissionen gingen um ca. 24 % auf 0,62 Mio. t zurück.
- Die Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen ohne Methan sind um 32 % auf 2,14 Mio. t zurückgegangen.

Auf Ebene der **EU** konnten vor allem aufgrund deutscher Initiativen wirksame Maßnahmen zur Emissionsminderung eingeführt werden. Dazu zählen z. B. die Grenz und Leitwerte zur Luftqualität u. a. für Blei (1982), Stickstoff (1985) und Ozon (1992), die Großfeuerungsanlagen-Richtlinie (1988), die EU-weite Einführung des geregelten Dreiwegekatalysators und der Abgasuntersuchungen bei Kfz (1993) sowie verschärfte Abgasnormen für Lkw (1993).

International geht es vor allem darum, daß die erzielten Vereinbarungen zum Umweltschutz umgesetzt werden. Dies sind z. B. das Sofia-Protokoll zur Reduzierung der Stickstoffemissionen (1988), das Genfer Protokoll zur Emissionsminderung flüchtiger organischer Verbindungen (1991), die Klimarahmenkonvention und die Walderklärung von Rio de Janeiro (1992).

3. Forstliche Maßnahmen

Zusätzlich zu den Maßnahmen der Luftreinhaltung fördern Bund und Länder **forstliche Maßnahmen**, um die Widerstandsfähigkeit unserer Wälder gegen Schadeinflüsse zu erhöhen.

Von 1984 bis 1995 haben Bund und Länder zur Stabilisierung geschädigter Waldbestände insgesamt 616,6 Mio. DM bereitgestellt.

Dadurch wurden folgende Maßnahmen unterstützt:

- die Bodenschutzkalkung, um die Vitalität der Wälder zu stärken; hierfür wurden 39 % der Mittel eingesetzt; rund **2,1 Mio. Hektar Wald** wurden in dieser Zeit gekalkt bzw. gedüngt, das sind rd. 20 % der Waldfläche Deutschlands;
- die Wiederaufforstung v. a. mit Laubbäumen, um geschädigte Bestände leistungsfähig zu erhalten; hierfür wurden 33 % der Mittel ausgegeben;
- der Vor- und Unterbau mit v. a. Laubholz, um die Bestandesstruktur geschwächter Wälder zu stabilisieren, hierfür wurden 28 % der Mittel eingesetzt.

In diese Maßnahmen haben Bund und Länder allein im letzten Jahr 44,5 Mio. DM investiert.

Die **Forstwirtschaft** trägt darüber hinaus durch eine auf Nachhaltigkeit und zunehmend auf Naturnähe ausgerichtete Waldbewirtschaftung dazu bei, die Widerstandsfähigkeit von Waldökosystemen zu verbessern und damit den Schadensverlauf im Wald zu mildern. Dazu gehören

- der Aufbau stabiler und artenreicher Mischbestände,
- das Vermeiden großflächiger Kahlhiebe,
- eine auf den Einzelbaum ausgerichtete Bestandespflege,
- die Anwendung des integrierten Pflanzenschutzes,
- der Einsatz bestandes- und bodenschützender Techniken,
- eine ökologisch verträgliche Wilddichte.

4. Forschung

Die interdisziplinäre **Waldökosystemforschung** ist eine unverzichtbare Voraussetzung, um Ursachen- und Wirkungszusammenhänge der Neuartigen Waldschäden weiter aufzuklären.

Bund, Länder und andere Forschungsträger haben seit 1982 über 850 Forschungsvorhaben zu Neuartigen Waldschäden mit insgesamt rund 465 Mio. DM gefördert.

Durch die intensive Förderung gelang es der deutschen Waldschadensforschung, eine internationale Vorreiterrolle einzunehmen. Die Ergebnisse der Forschung sind Grundlage für Maßnahmen der Bundesregierung zur Bekämpfung der Waldschäden.

5. Waldmonitoring

Die **jährliche Waldschadenserhebung** liefert die notwendigen Daten für eine Überwachung der aktuellen Situation der Wälder und der Neuartigen Waldschäden. Die kontinuierliche Erhebung dient zugleich als wichtige Grundlage für Forst- und Umweltpolitik. Weitere Beobachtungsprogramme sind das Waldschadensmonitoring auf Dauerbeobachtungsflächen (Level II) sowie die Bodenzustanderhebung im Wald.

Folgende Beobachtungsprogramme wurden entwickelt:

- In der Bundesrepublik Deutschland werden seit 1984 jährlich systematische Erhebungen zeitgleich und nach einem einheitlichen Verfahren durchgeführt. Ausmaß und Entwicklung der Waldschäden werden in Berichten der Länder und des Bundes dargestellt.
- Schon Ende der sechziger Jahre richteten die Länder **Dauerbeobachtungsflächen** ein. Diese Flächen dienen der Analyse von Veränderungen der Umweltbedingungen (z. B. Schadstoffeintrag)

und deren Auswirkungen auf Waldökosysteme, der Ursachenerkennung der Neuartigen Waldschäden und der Ableitung von Empfehlungen an Politik (z. B. Luftreinhaltung) und forstliche Praxis. Seit 1994 besteht ein europäisches Förderprogramm für solche Flächen (Level II-Programm). Deutschland stellt mit 86 Flächen rund 20% aller durch die EU geförderten Flächen.

- Die Länder haben eine bundesweite **Bodenzustandserhebung** im Wald durchgeführt, um den tatsächlichen Zustand der Waldböden unter Immissionseinflüssen zu ermitteln und die zukünftige Entwicklung beurteilen zu können. Bereits vorliegende Ländererergebnisse weisen auf eine großflächige Versauerung der Waldböden hin. Das bundesweite Gesamtergebnis wird gegen Anfang 1997 erwartet.

IV. Ausblick

Die Bundesregierung wird ihre Anstrengungen zur Verringerung der Neuartigen Waldschäden und zur Erhaltung der Wälder fortsetzen.

Die bereits ergriffenen Luftreinhaltemaßnahmen auf nationaler und internationaler Ebene werden zu weiteren Verringerungen der Schadstoffemissionen führen. Insgesamt aber zeigen die Depositionsmessungen und -modelle, daß gegenwärtig immer noch zuviel Schadstoffe aus nationalen Quellen, aber insbesondere auch aus grenzüberschreitenden Schadstoffströmen in die Waldökosysteme eingetragen werden.

– Schadstoffe in der Luft weltweit verringern

Maßnahmen zur Luftreinhaltung haben für die Verringerung der Neuartigen Waldschäden auch weiterhin Vorrang. Sie werden im nationalen und im internationalen Rahmen konsequent weitergeführt.

Die **Schwerpunkte** für künftige Maßnahmen zur Luftreinhaltung auf **nationaler Ebene** sind die weitere Verringerung

- der Schadstoffemissionen aus Energieerzeugungs- und Industrieanlagen in den neuen Ländern,
- der verkehrsbedingten Umweltbelastungen, vor allem der Stickstoffoxide und der flüchtigen organischen Verbindungen, sowie
- der Stickstoffemissionen aus landwirtschaftlichen Quellen.

Auf **internationaler Ebene** wird die Bundesregierung ihre bisherige Rolle als treibende Kraft und Vorreiter beim internationalen Umweltschutz fortsetzen. Dabei wird vor allem angestrebt,

- die Arbeiten im Rahmen des **UN/ECE-Übereinkommens** über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung fortzuführen, um Schadstoffemissionen international zu verringern,
- die Beschlüsse der **Konferenz „Umwelt und Entwicklung"** der Vereinten Nationen (UNCED 1992) zu verwirklichen.

  So arbeitet die Bundesregierung intensiv an der Umsetzung und Fortentwicklung der Klimarahmenkonvention sowie an völkerrechtlich verbindlichen Regelungen zur Umsetzung und Weiterentwicklung der Waldbeschlüsse, wie z. B. an einer Waldkonvention.

Die Politik der Bundesregierung zum **Schutz der natürlichen Umwelt** kommt auch den Wäldern zugute.

Die im Rahmen der **Klimaschutzstrategie** ergriffenen Maßnahmen zur Verminderung der CO_2-Emissionen und anderer klimarelevanter Gase tragen ebenfalls zur Reduzierung der die Wälder belastenden Luftschadstoffe bei.

– Waldbauliche Maßnahmen gezielt fördern

Die **Förderung flankierender forstlicher Maßnahmen** zur Stabilisierung der Waldökosysteme gegen die Neuartigen Waldschäden wird fortgesetzt. 1996 sind von Bund und Ländern 41,0 Mio. DM eingeplant.

– Waldmonitoring fortführen

Das Waldmonitoring ist in seinen verschiedenen Intensitätsstufen fortzuführen und weiterzuentwicklen.

– Waldökosystemforschung fortsetzen

Die **Waldökosystemforschung** wird weiterhin gefördert. Hierfür stehen 1996 rund 19 Mio. DM zur Verfügung.

– Walderhaltung – Herausforderung für uns alle

Staatliche Maßnahmen allein reichen jedoch nicht aus, um die Wälder zu erhalten. Die vielfältigen Funktionen des Waldes zu sichern ist eine Aufgabe, die erfolgreich nur gemeinsam von **Bund** und **Ländern, Wirtschaft** und **Bevölkerung** gemeistert werden kann.

Nur mit Unterstützung durch die Bürger – insbesondere bei einem verantwortungsbewußten Umgang mit Energie und Rohstoffen – kann die Schadstoffbelastung unserer Umwelt spürbar vermindert und zur Erhaltung eines funktionsfähigen Ökosystems Wald beigetragen werden.

1. Bedeutung des Waldes und forstpolitische Ziele der Bundesregierung

1.1 Bedeutung des Waldes für die Gesellschaft

Knapp ein Drittel der Fläche Deutschlands ist bewaldet. Auch wenn Anteil und Zusammensetzung des Waldes in den einzelnen Bundesländern recht unterschiedlich sind, hat er für unser Land unverzichtbare wirtschaftliche, gesellschaftliche und ökologische Bedeutung. Der Wald

- ist Erwerbs- und Einkommensquelle für zahlreiche Menschen, insbesondere im ländlichen Raum,
- liefert den umweltfreundlichen nachwachsenden Rohstoff Holz,
- speichert Kohlendioxid,
- reguliert den Wasserhaushalt und trägt zur Grundwasserneubildung bei,
- schützt den Boden vor Erosion und verhindert Geröll- und Schneelawinen im Gebirge,
- ist Lebensraum für viele Pflanzen und Tiere und damit ein wichtiger Faktor beim Erhalt der biologischen Vielfalt,
- bietet dem Menschen vielfältige Möglichkeiten für Entspannung und Erholung.

Die Bundesregierung mißt deshalb unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten, aber auch mit Blick auf Umwelt und Gesellschaft, dem Bereich Forstpolitik eine sehr große Bedeutung bei.

1.2 Situation der Forstwirtschaft

Die Situation der Forstbetriebe ist schwierig. Jahrelang niedrige Holzpreise und steigende Betriebskosten haben die Reinerträge – bei starken betriebs- und standortbedingten Unterschieden – sinken lassen. Selbst gutstrukturierte Privatwaldbetriebe erwirtschaften nur sehr geringe Reinerträge; bei einer Vielzahl von Betrieben sind die Erträge negativ. Gleichzeitig wachsen jedoch die gesellschaftlichen Ansprüche an die Erholungs- und Schutzfunktionen des Waldes.

1.3 Forstpolitische Ziele der Bundesregierung

Angesichts der großen Bedeutung des Waldes für die Gesellschaft ist das **zentrale Ziel der Forstpolitik** der Bundesregierung, die **Funktionsfähigkeit der Wälder** auf Dauer **zu erhalten** und zu verbessern. Zur Erhaltung seiner Funktionen bedarf der Wald in einem dicht besiedelten Land wie Deutschland einer Bewirtschaftung, die ordnungsgemäß, nachhaltig und möglichst naturnah erfolgen muß.

Dabei ist entscheidend, daß die Forstbetriebe auf wirtschaftlich sicheren Füßen stehen und die Waldpflege so durchführen können, wie es zur Erhaltung der Stabilität und Funktionenvielfalt unserer Wälder notwendig ist. Dies setzt leistungsfähige Forstbetriebe und einen ausreichenden Holzabsatz voraus.

Durch eine konsequente Weiterführung der Luftreinhaltepolitik und durch Schaffung eines möglichst naturnahen Waldaufbaus läßt sich der Gesundheitszustand des Waldes verbessern, seine Vitalität erhöhen und seine Funktionsvielfalt gewährleisten. Eine naturnahe Waldbewirtschaftung ist in besonderer Weise geeignet, Nutz-, Schutz- und Erholungsfunktionen des Waldes nachhaltig sicherzustellen, da sie sich weitestgehend an Prozeßabläufen in der Natur orientiert. Diese Wirtschaftsform liegt aber auch im Interesse der Wirtschaftlichkeit der Forstbetriebe, da sie weniger risikoanfällig ist und durch „biologische Automation" der betriebliche Aufwand langfristig erheblich gesenkt werden kann.

Die Politik kann den Betrieben ihre unternehmerischen Entscheidungen nicht abnehmen, sie kann jedoch Orientierungshilfen in Form von verläßlichen Rahmenbedingungen geben. Ziel der deutschen Forstpolitik ist daher

- **die Leistungsfähigkeit der Forstbetriebe zu stärken,**
- **die Wettbewerbsfähigkeit des Rohstoffes Holz zu verbessern und**
- **die Stabilität des Waldes zu erhöhen.**

Um die forstpolitischen Ziele zu erreichen, ist es auch weiterhin erforderlich, die Belastung der Wälder durch Luftverunreinigungen zu verringern. Die Bundesregierung hat hierzu seit 1982 eine Reihe von Maßnahmen auf nationaler und internationaler Ebene durchgesetzt. Sie sind insbesondere darauf gerichtet, die Luftschadstoffe, Hauptverursacher der Neuartigen Waldschäden, zu reduzieren. Diese Politik hat auch für die Zukunft hohe Priorität.

2. Waldzustand in Deutschland

Seit der Mensch in unserem Raum seßhaft geworden ist und Flächen für Siedlung und Landbau benötigte, hat er in das Gefüge des Waldes eingegriffen. Zunächst unwesentlich, mit zunehmendem Anwachsen der Bevölkerung aber immer massiver ist der Wald für ihre Bedürfnisse gerodet worden. Er diente als Lieferant für Bauholz, Grubenholz, für Holzkohle, Brennholz, Rinde und Harz, selbst für Früchte, Kräuter, Honig und andere Produkte. Jahrhundertelang waren Mast und Weide im Wald die Grundlagen der Viehwirtschaft. Übernutzungen und Waldverwüstungen waren häufig die Folge.

Mit Beginn der Industrialisierung hat sich die Entwicklung beschleunigt und gewandelt. Fossile Rohstoffe wurden als Energiequelle erschlossen. Der Druck auf den Wald als Rohstofflieferanten ließ nach. Dafür entstanden neue Gefahren: Die Emissionen aus der Verbrennung fossiler Rohstoffe veränderten die Zusammensetzung der Atmosphäre. Damit wurden zunehmend andere und mehr Stoffe in die Wälder durch nasse und trockene Deposition eingetragen. Dies verschob die Nährstoffgleichgewichte und verstärkte die Versauerungsprozesse in den Waldökosystemen.

Der Wald veränderte sich, anfangs noch unbemerkt. Seit Mitte der 70er und verstärkt Anfang der 80er Jahre werden jedoch Symptome beobachtet, die bis dahin in Art, Ausmaß und Zeitdauer nicht bekannt waren. Die Baumkronen verlichteten zunehmend und teilweise vergilbten Nadeln und Blätter. Innerhalb weniger Jahre wurden nahezu alle Baumarten erfaßt. Die Schäden traten in geographisch großer Verbreitung auf.

Diese Phänomene lassen sich weder auf einzelne Ursachen zurückführen noch einzelnen Verursachern zuordnen. Daher wurden sie im Gegensatz zu den klassischen Waldschäden (Schäden durch Insekten, Schnee, Feuer und Wild) und zu den bekannten Rauchschäden (Schäden im Nahbereich von stark emitierenden Industrieanlagen) bald als „Neuartige Waldschäden" bezeichnet.

Seit 1984 werden in der Bundesrepublik Deutschland von den Ländern jährlich systematische Erhebungen zeitgleich und nach einem einheitlichen Verfahren durchgeführt, um Ausmaß und Entwicklung der Waldschäden festzustellen. In den neuen Bundesländern werden seit 1990 Waldschäden nach dem gleichen Verfahren erhoben.

Der Waldzustandsbericht der Bundesregierung faßt die Ergebnisse der Waldschadenserhebungen der Länder zusammen. Er gibt für das Bundesgebiet einen Überblick über das Ausmaß und die Entwicklung der Neuartigen Waldschäden, bewertet die Situation in den Waldökosystemen unter den vielfältigen und komplexen Einflüssen der Umwelt und stellt die Maßnahmen der Bundesregierung dar.

2.1 Kronenzustand als Merkmal der Neuartigen Waldschäden

Die Begutachtung der Baumkrone während der Vegetationszeit ermöglicht einen Rückschluß darauf, ob der Baum vital oder in seiner Gesundheit beeinträchtigt ist.

Die Interpretation der Erhebungsergebnisse muß dabei mehrere, wichtige Aspekte berücksichtigen:

- Ausbildung und Zustand einer Krone werden von vielen Faktoren beeinflußt. Dazu zählen innere (z. B. genetische Veranlagung) und äußere Einflüsse (z. B. Wassermangel, Wind, Insektenfraß, Immissionen, waldbauliche Behandlung).
- Aufgrund der Komplexität und Vielfältigkeit der Waldökosysteme und der auf sie einwirkenden Umwelteinflüsse ist ein Rückschluß auf die Ursachen von Vitalitätseinbußen nur auf der Grundlage umfassender, wissenschaftlicher Untersuchungen möglich (vgl. Abschnitt 4). Ursachen für den Kronenzustand können im Rahmen der Waldschadenserhebung nur eingeschränkt und nur soweit erhoben werden, wie sie okular und einfach zum Zeitpunkt der Erhebung von Forstexperten zu erkennen sind.
- Die gezielte Erfassung der Waldschäden (im Jahr 1984) setzte ein, als bereits Schäden aufgetreten waren. Ausmaß und Entwicklung der bis dahin eingetretenen Schäden sind jedoch unbekannt. Dies muß bei der Interpretation der Zeitreihe und speziell bei Verwendung des Ergebnisses von 1984 als Bezugsgröße für die Folgejahre berücksichtigt werden.
- Auch in vom Menschen ungestörten Ökosystemen treten und traten Streßsituationen für Pflanzen auf, die zu Symptomen führen, die denen der Neuartigen Waldschäden gleichen. Insofern ist eine Situation, daß alle Bäume als ungeschädigt eingestuft werden können, ein nicht erreichbarer Idealzustand.
- Die besondere Bedeutung der Waldschadenserhebung liegt deshalb in den Zeitreihen. Hierin spiegelt sich die Vitalitätsentwicklung des Ökosystems Wald wieder.

Die Waldschadenserhebung zeigt somit das sich in Form eines schlechten Kronenzustandes äußernde „Fieber des Patienten Wald" an. Sie kann aber – ebenso wie ein Fieberthermometer – keine Auskunft über die Ursachen geben. Aus der Waldschadensforschung ergibt sich allerdings, daß Luftschadstoffen bei den Neuartigen Waldschäden eine maßgebliche Rolle zukommt.

Wenn jedoch der Zustand des Waldes als komplexes Ökosystem in seiner Gesamtheit erfaßt und beurteilt werden soll, so sind weitere Parameter wie Bodenzustand, Wasserversorgung, klimatische Einflüsse, enzymatische und genetische Anzeiger sowie – daraus

resultierend – Wurzelwachstum, Holzzuwachs zu berücksichtigen. Die Erfassung dieser Parameter ist sehr aufwendig und deren Auswertung schwierig und daher nur im Rahmen von Sonderuntersuchungen möglich. Monitoringprogramme hierfür, wie z. B. das europaweite Dauerbeobachtungsflächen-Programm, sind angelaufen.

Durch die Waldschadenserhebung werden die Kronenverlichtung und die Nadel-/Blattvergilbung eines jeden Probebaumes im Wald in 5 %-Klassen aufgenommen. Zur Vereinfachung und übersichtlichen Darstellung der Ergebnisdarstellung bei der Berichterstattung werden die 21 möglichen 5 %-Klassen zu fünf unterschiedlich großen Gruppen zusammengefaßt. Diese sind seit Einführung der Methodik der Waldschadenserhebung einheitlich für alle Baumarten definiert (Tabelle 1).

Die Stufe 0 „gesund" oder „ohne Schadmerkmale" wurde mit 0–10 % Nadel- bzw. Blattverlust eng gefaßt. Dies ist verständlich, wenn man die ersten Bonitierungen der Dauerbeobachtungsflächen Ende der 70er oder Anfang der 80er Jahre betrachtet. Hier lagen die durchschnittlichen Nadel- bzw. Blattverluste häufig in diesem Bereich. Die Bäume der Stufe 1 mit 11–25 % Nadel- bzw. Blattverlust wurden als „kränkelnd" oder „schwach geschädigt" bezeichnet. Die seitherigen Erfahrungen und Untersuchungen haben aber gezeigt, daß die natürlichen Schwankungen der Benadelungs- bzw. Belaubungsdichte in diese Stufe hineinreichen. Sie ist deshalb als „Übergangsstufe" oder „Warnstufe" zu interpretieren. Für die Darstellung der Schadenserhebungen folgt daraus, daß erst nach der Schadstufe 2 ab, d. h. bei mehr als 25 % Nadel- bzw. Blattverlust eindeutige Schäden festzustellen sind, daß also nur die Stufen 2–4 die geschädigte Waldfläche repräsentieren. Sie können deshalb auch zusammengefaßt in Tabellen, Graphiken oder Karten dargestellt werden. Die Stufen 0 und 1 sind jeweils getrennt auszuführen.

Tabelle 1

Schadstufen des relativen Nadel-/Blattverlustes

Stufe	Nadel-/Blattverlust	Bezeichnung	
0	0–10 %	ohne Schadensmerkmale	
1	11–25 %	schwach geschädigt	(Warnstufe)
2	26–60 %	mittelstark geschädigt	deutlich geschädigt
3	61–99 %	stark geschädigt	deutlich geschädigt
4	100 %	abgestorben	deutlich geschädigt

Der Anteil der vergilbten (chlorotischen) Nadel- oder Blattmasse wird entsprechend eingeschätzt und die Ergebnisse beider Merkmale, wie in Tabelle 2 dargestellt, in Kronenzustandsstufen zusammengefaßt.

Für jede Auswertungseinheit (z. B. Land, Hauptbaumart, Altersgruppe) wird der prozentuale Anteil der Probebäume in den fünf Schadstufen berechnet.

Tabelle 2

Einstufung des Kronenzustands aus Kronenverlichtung (Verluststufe) und Vergilbung/Chlorose (Vergilbungsstufe)

Nadel-/Blattverluststufe	Vergilbungsstufe (Anteil der vergilbten Nadel-/Blattmasse)		
	1 (11–25 %)	2 (26–60 %)	3 (61–100 %)
0	0	1	2
1	1	2	2
2	2	3	3
3	3	3	3
4	4	4	4

Zur Charakterisierung der Schadenssituation in einer Auswertungseinheit hat sich der Anteil deutlich geschädigter Bäume (Summe der Schadstufen 2, 3 und 4) als geeignete Kenngröße erwiesen. In den Waldzustandsberichten von Bund und Ländern werden daher das Ausmaß dieser deutlichen Schäden und deren Veränderungen neben den Anteilen der Stufen 0 (ohne Schadmerkmale) und 1 (Warnstufe) besonders dargestellt.

Die Schadensentwicklung läßt sich nur anhand langfristiger Zeitreihen bewerten. Ergebnisse einzelner Jahre dürfen dagegen nur sehr zurückhaltend interpretiert werden, weil sich die natürlichen Einflußfaktoren von Jahr zu Jahr stark ändern können.

Die auf der terrestrischen Kronenzustandserfassung beruhende Waldschadenserhebung hat folgende Vorteile:

1. Sie erbringt zeitnah bei vertretbarem Aufwand zuverlässige und vergleichbare Aussagen über den Waldzustand:
   - Das Verfahren ist einfach, seine Prinzipien sind leicht vermittelbar. Durch den Einsatz von ge-

schultem Fachpersonal ist die räumliche und zeitliche Vergleichbarkeit sichergestellt.

- Es erfordert einen vergleichsweise geringen Zeitaufwand (aufwendige Analysen oder Laborarbeiten sind nicht erforderlich). Dies erlaubt eine annähernd zeitgleiche und kostengünstige Durchführung der bundesweiten Erhebung.

2. Die mit Hilfe der jährlichen Waldschadenserhebung gewonnenen Daten bilden Zeitreihen, die bis in das Jahr 1984 zurückreichen.

   Schleichende Veränderungen in den Waldökosystemen – wie z. B. die Neuartigen Waldschäden oder die Auswirkungen der Klimaänderung – können nur mit Hilfe dieser langjährigen ununterbrochenen Zeitreihen erkannt und nachgewiesen werden. Die Waldschadenserhebung ist daher ein wichtiges Instrument der Umweltbeobachtung.

Bei der ausschließlich anhand des Kronenzustandes orientierten Beurteilung der Neuartigen Waldschäden muß berücksichtigt werden, daß diese eine Komplexkrankheit sind, an deren Entstehung und Ausprägung vielfältige Faktoren in unterschiedlicher Intensität mitwirken.

Die inzwischen über 10jährige gezielte Beobachtung und Erforschung der neuartigen Waldschäden sowie die Erkenntnisse der Baumphysiologie haben das Wissen über Ursachen, Umfang und Entwicklung von Waldschäden bedeutend erweitert. Dieser Erkenntnisgewinn bietet die Möglichkeit, die Ergebnisse der Zeitreihen der Waldschadenserhebung im Lichte der Waldökosystemforschung und der intensiven Untersuchungen auf Dauerbeobachtungsflächen (Level II) zu bewerten und daraus Schlußfolgerungen für die Zukunft zu ziehen. Die Erhebungskriterien unterliegen einer laufenden kritischen Überprüfung. In letzter Zeit wurden Vermutungen geäußert, daß die physiologische Schwankungsbreite bei Belaubung und Benadelung größer sein könnte, als bisher angenommen wurde. Die Bundesregierung plant daher, eine Expertengruppe einzuberufen, mit der geklärt werden soll, welche optisch wahrzunehmenden Veränderungen physiologisch noch als „normal" zu betrachten sind und ob und inwieweit die bisherigen Beurteilungskriterien verbessert und erweitert werden können. Dabei wird auch zu prüfen sein, ob die bisherige Abgrenzung zwischen den Schadstufen noch dem neuesten wissenschaftlichen Erkenntnisstand entspricht. Zu klären wäre auch, wie eine Vergleichbarkeit mit den früheren Ergebnissen gewahrt werden kann.

2.2 Ergebnisse der Waldschadenserhebung 1996

Dem diesjährigen Bericht liegen die Ergebnisse einer bundesweiten „Unterstichprobe" zugrunde. Aufgrund des hierbei verwendeten Stichprobenrasters von mindestens 16 x 16 km (vgl. Anhang-Tabelle 10) sind in Abhängigkeit von der Dichte der erhobenen Daten nur Aussagen auf Bundes- oder Landesebene, nicht jedoch auf Wuchsgebietsebene möglich.

Die folgenden Angaben über den Waldzustand in Deutschland sind Mittelwerte verschiedener Bezugseinheiten (Länder, Ländergruppen und Bund), die aus den Daten der Waldschadenserhebung 1996 errechnet wurden. Sie stehen für den Waldzustand in diesen Bezugseinheiten, wobei die Schadstufenanteile – von wenigen Ausnahmen abgesehen – auf ganze Zahlen gerundet sind. Von Angaben für größere Bezugseinheiten auf das Schadniveau und seine Entwicklung in kleineren Einheiten wie z. B. Gemeinden zu schließen, ist methodisch unzulässig. Die für Deutschland errechneten Werte geben die notwendigen Hinweise für die Beurteilung der Gesamtsituation des Waldzustandes, für seine Entwicklung und für den internationalen Vergleich.

Seit der Wiedervereinigung erfaßt die Waldschadenserhebung auch die neuen Länder. Die dort inzwischen sechsjährige Zeitreihe gibt wesentliche Aufschlüsse über die Entwicklung des Waldzustandes in diesen Ländern. Ein Vergleich der die alten und neuen Länder umfassenden Zeitreihe nach 1990 mit den Ergebnissen vor 1990 (nur alte Länder) ist nur innerhalb von Ländern oder Ländergruppen möglich.

1990 konnten wegen der schweren Sturmschäden einige Landesforstverwaltungen keine Waldschadenserhebung durchführen. Ein Bundesergebnis wurde daher nicht errechnet.

Nordrhein-Westfalen (NW) hat sich wie Baden-Württemberg 1996 auf die Aufnahme der EU-Punkte im Raster 16 x 16 km beschränkt. Von diesem Raster werden in NW weniger als 1 000 Bäume erfaßt. Dieser Stichprobenumfang reicht wegen mangelnder Repräsentativität für die Berechnung eines Landesergebnisses in NW nicht aus. Die aus den Länderergebnissen hergeleiteten Bundesaussagen sollten dennoch mit denen früherer Jahre vergleichbar sein. Daher wurde aus den Zeitreihen der letzten Jahre ein Korrekturwert für den durchschnittlichen Einfluß von NW auf das Bundesergebnis hergeleitet.

2.2.1 Bundesübersicht

Nach den Ergebnissen der Waldschadenserhebung 1996 (vgl. Tabelle 3 sowie Abbildung 1) liegt der Anteil der Bäume mit deutlichen Schäden bundesweit im Durchschnitt bei 20 % (Schadstufen 2–4) und der Anteil der Bäume mit schwachen Schäden bei 37 % (Schadstufe 1); ohne erkennbare Schadmerkmale sind 43 % (Schadstufe 0).

Die Verbesserung des Vorjahres hat sich damit in diesem Jahr fortgesetzt.

Tabelle 3

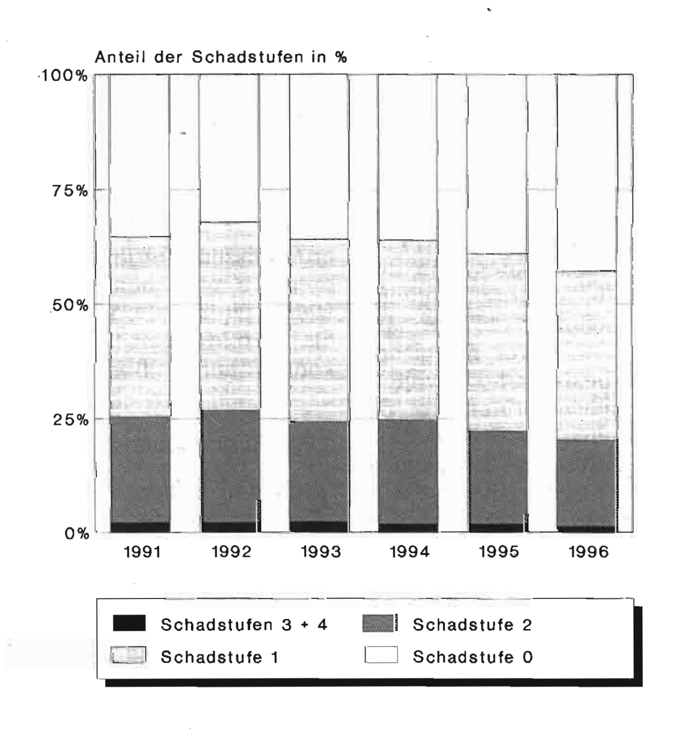
Waldschäden
in der Bundesrepublik Deutschland

Jahr	Anteil der Schadstufen [in %]					
	0 ohne Schadmerkmale	1 schwach geschädigt (Warnstufe)	2–4 deutlich geschädigt	2 mittelstark geschädigt	3 stark geschädigt	4 abgestorben
1991 [1])	36	39	25	23,0	2,0	0,2
1992	32	41	27	24,5	1,8	0,4
1993	36	40	24	22,0	2,0	0,4
1994	36	39	25	22,7	1,6	0,4
1995	39	39	22	20,3	1,5	0,4
1996 [2])	**43**	**37**	**20**	**19,0**	**1,1**	**0,3**

[1]) 1991 = Beginn einer neuen Zeitreihe für das seit 1990 erweiterte Bundesgebiet
[2]) NW wurde mittels eines Korrekturwertes berücksicht (vgl. Kap. 2.2)

Abbildung 1

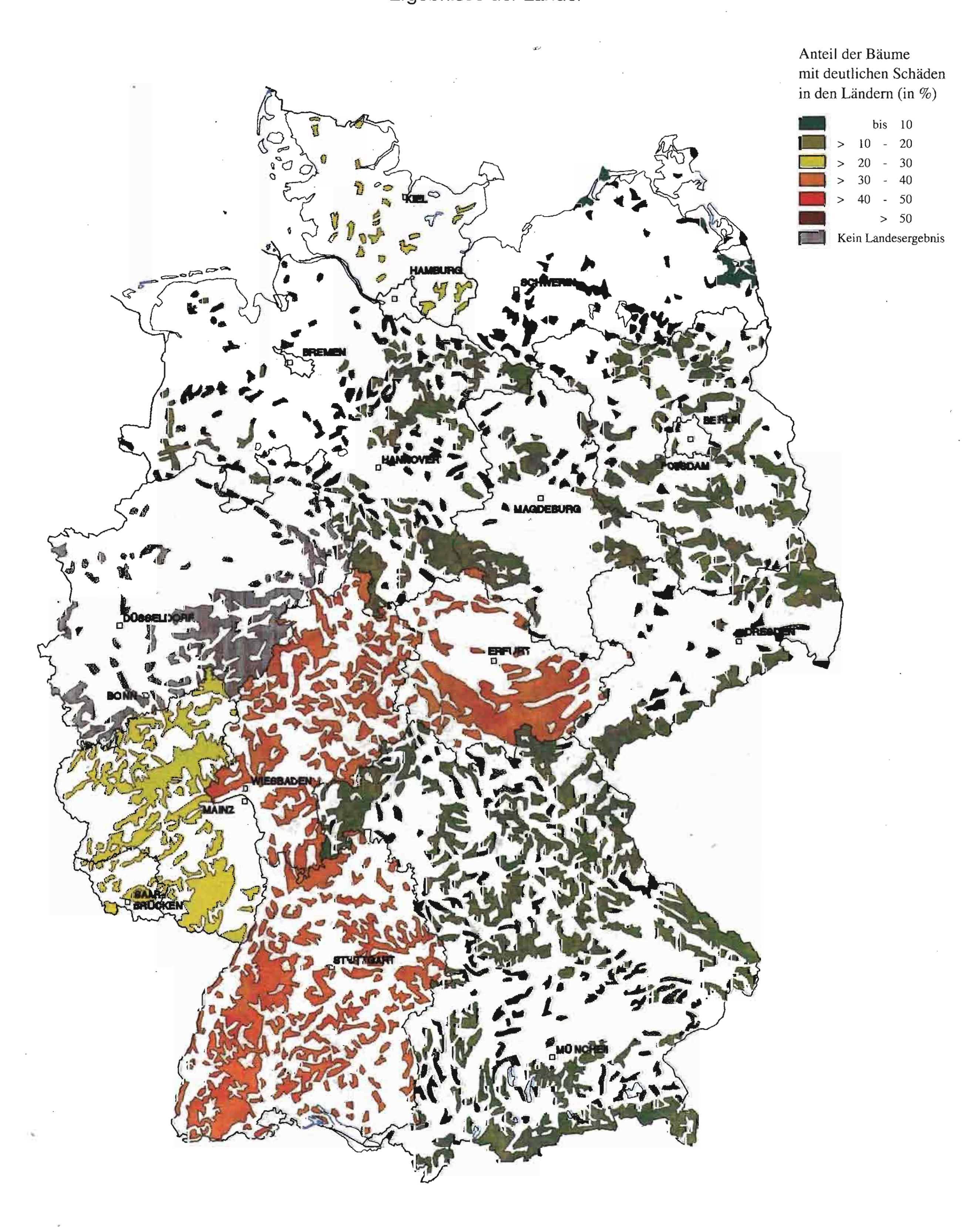
Entwicklung der Waldschäden in der Bundesrepublik Deutschland von 1991 bis 1996



Karte 1

Waldschäden in der Bundesrepublik Deutschland 1996

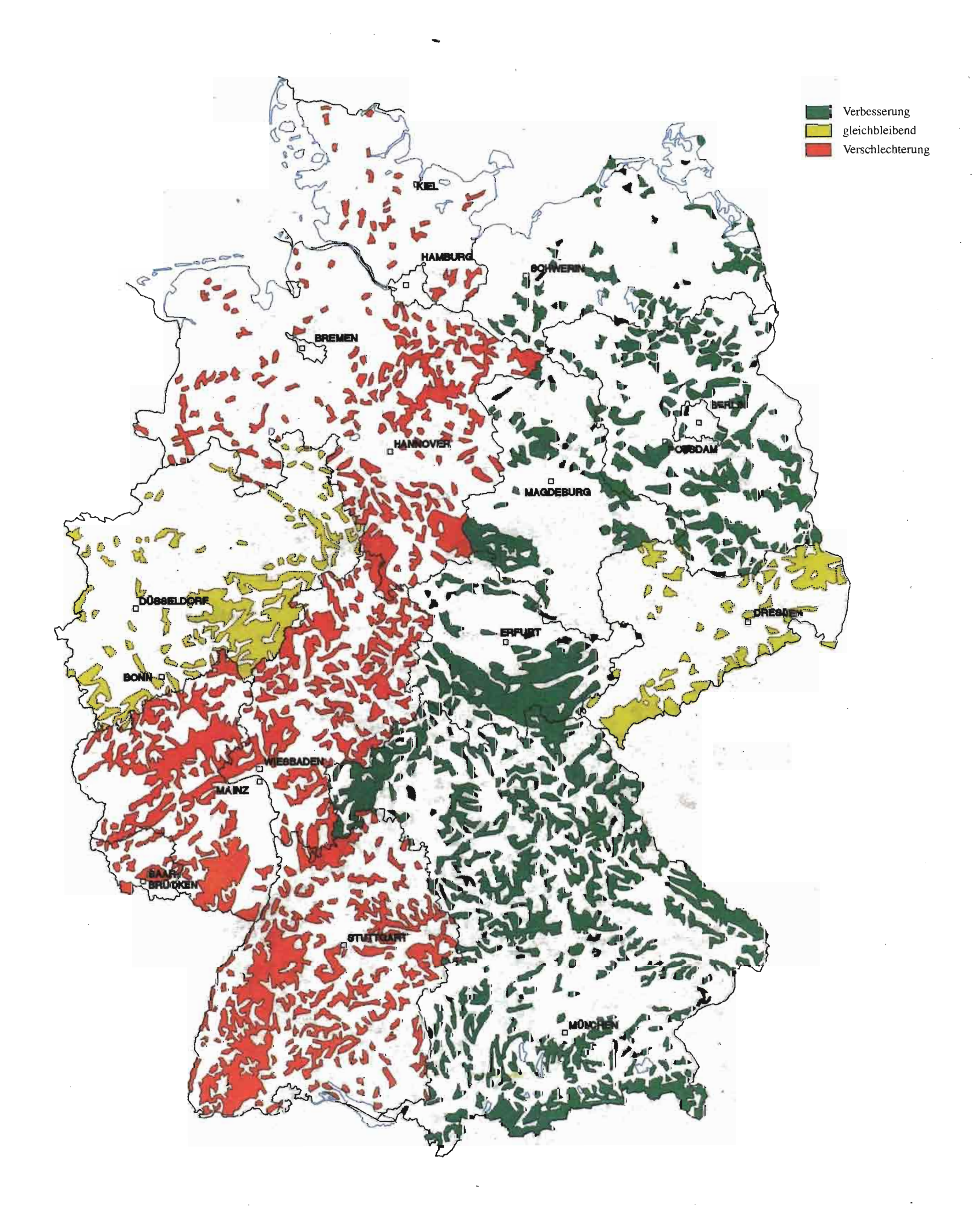
Alle Baumarten (Schadstufen 2 bis 4)
– Ergebnisse der Länder –



Quelle: BML, Waldschadenserhebung 1996; UMPLIS/Umweltbundesamt 1996

Karte 2

Trend der deutlichen Schäden in den Ländern seit 1991



Quelle: BML, Waldschadenserhebung 1996; UMPLIS/Umweltbundesamt 1996

2.2.2 Länder und Ländergruppen

Die Waldschadenssituation in den einzelnen Ländern und Ländergruppen ist in Tabelle 4 dargestellt (vgl. auch Karte 1). Wie sich der Anteil der deutlich geschädigten Bäume seit 1991 entwickelt hat, zeigt Karte 2 und Anhang-Tabelle 4.

Tabelle 4

Waldschäden 1996 in den Ländern und Ländergruppen

Länder	Anteil an der Waldfläche in D [in %]	Anteil der Schadstufen [in %]		
		0	1	2–4
Bremen	<0,1	58	29	13
Hamburg	<0,1	50	35	15
Niedersachsen	10	48	37	15
Nordrhein-Westfalen	8	.	.	.
Schleswig-Holstein	1	43	30	27
Nordwestdeutsche Länder [1])	**19**	**.**	**.**	**.**
Berlin	0,15	37	50	13
Brandenburg	9	48	41	11
Mecklenburg-Vorpommern	5	56	38	6
Sachsen	5	52	30	18
Sachsen-Anhalt	4	57	29	14
Thüringen	5	27	36	37
Ostdeutsche Länder [2])	**28**	**48**	**36**	**16**
Baden-Württemberg	13	25	40	35
Bayern	23	47	37	16
Hessen	8	26	39	35
Rheinland-Pfalz	8	36	42	22
Saarland	1	47	32	21
Süddeutsche Länder [3])	**53**	**37**	**38**	**25**
Bundesrepublik Deutschland [4])	**100**	**43**	**37**	**20**

[1]) Gesamtfläche der nordwestdeutschen Länder: 9,8 Mio. ha, Waldfläche 2,1 Mio. ha.
[2]) Gesamtfläche der ostdeutschen Länder: 10,9 Mio. ha, Waldfläche 3,0 Mio. ha.
[3]) Gesamtfläche der süddeutschen Länder: 15,0 Mio. ha, Waldfläche 5,6 Mio. ha.
[4]) Gesamtfläche der Bundesrepublik Deutschland: 35,7 Mio. ha, Waldfläche 10,7 Mio. ha. NW wurde mittels eines Korrekturwertes berücksichtigt (vgl. Kap. 2.2)
•) Keine Angabe verfügbar

Ein Vergleich nach Ländergruppen ergibt folgende Entwicklungen (vgl. auch Abbildung 2):

Tabelle 5

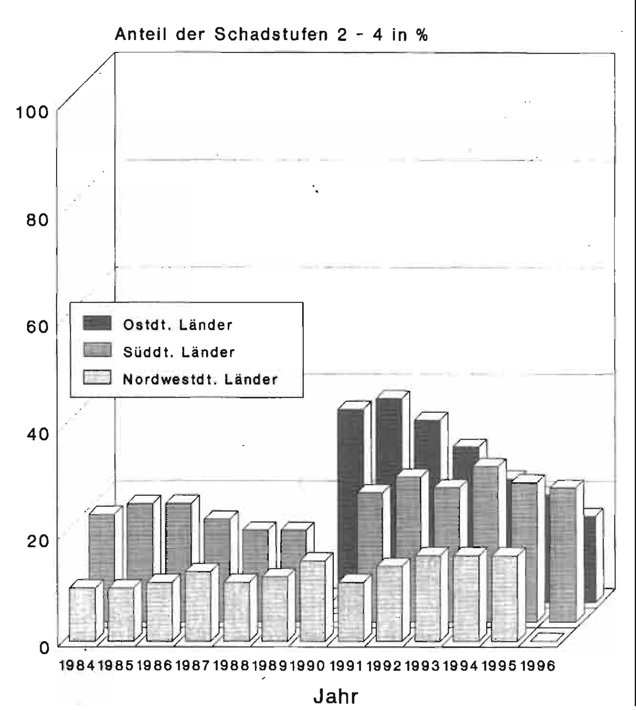
Entwicklung der Waldschäden nach Ländergruppen und Schadstufen

Jahr	Anteil der Schadstufen [in %]								
	Nordwestdeutsche [1]) Länder			Ostdeutsche [2]) Länder			Süddeutsche [3]) Länder		
	0	1	**2–4**	0	1	**2–4**	0	1	**2–4**
1984	62	28	**10**	.	.	.	45	35	**20**
1985	64	26	**10**	.	.	.	43	35	**22**
1986	61	28	**11**	.	.	.	41	37	**22**
1987	60	27	**13**	.	.	.	43	38	**19**
1988	51	38	**11**	.	.	.	44	39	**17**
1989	58	30	**12**	.	.	.	43	40	**17**
1990	52	33	**15**	34	30	**36**	.	.	.
1991	57	32	**11**	27	35	**38**	34	42	**24**
1992	50	36	**14**	25	41	**34**	29	44	**27**
1993	50	34	**16**	31	40	**29**	33	42	**25**
1994	46	38	**16**	37	40	**23**	32	39	**29**
1995	48	36	**16**	41	39	**20**	35	39	**26**
1996	.	.	.	**48**	**36**	**16**	**37**	**38**	**25**

. = keine Ergebnisse für diese Ländergruppe verfügbar
[1]) HB, HH, NI, NW, SH
[2]) BB, BE, MV, SN, ST, TH; Erhebung ab 1990
[3]) BW, BY, HE, RP, SL

Abbildung 2

Entwicklung der Waldschäden in den Ländergruppen; alle Baumarten



Das Niveau und die Entwicklung der Schäden in einzelnen Ländern können von dem Mittelwert der betreffenden Ländergruppe erheblich abweichen (vgl. Anhang-Tabellen 1a–c). Hierbei spielen u. a. unterschiedliche Baumartenanteile und die Altersverteilung eine Rolle.

Nordwestdeutsche Länder [1])

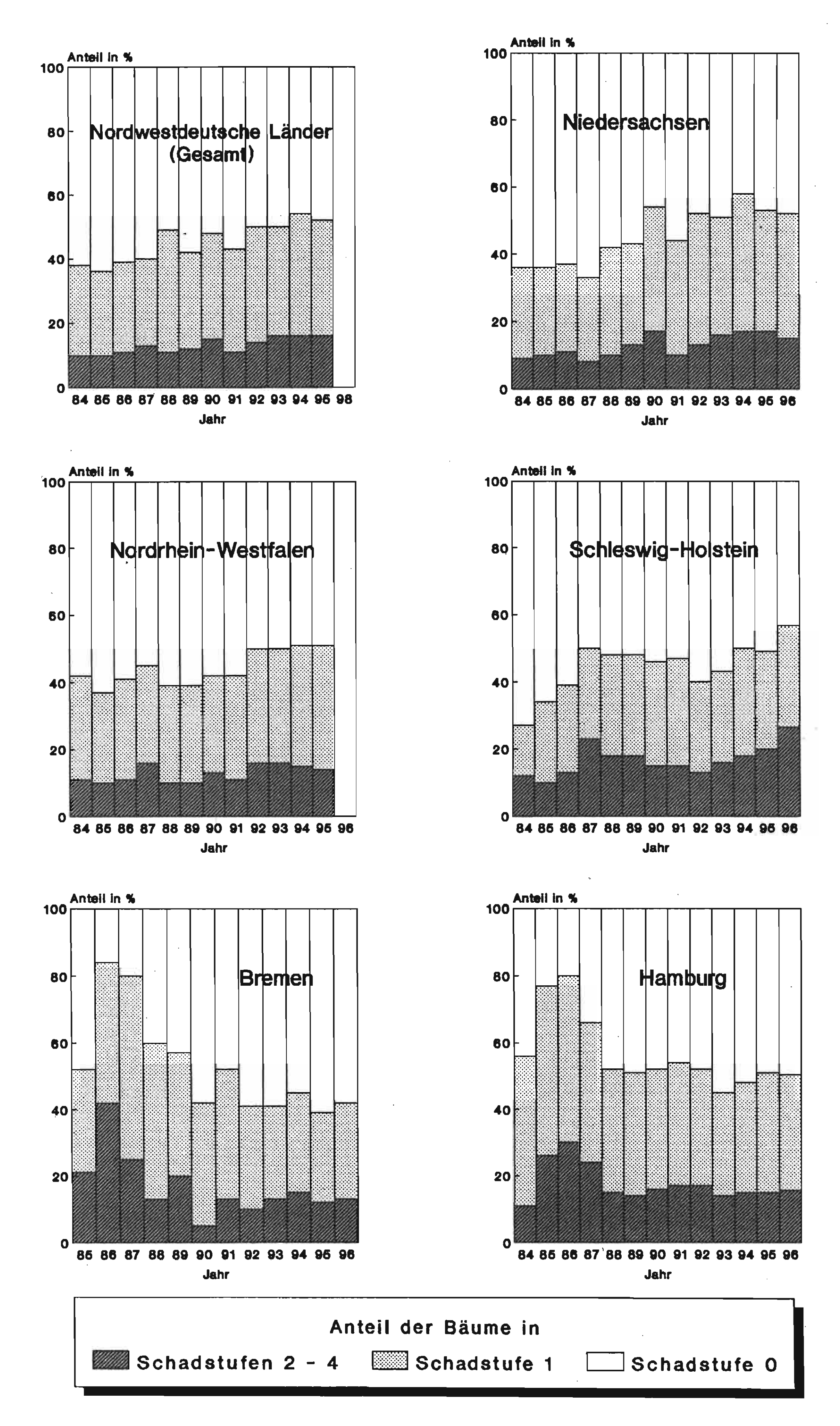
Für die nordwestdeutsche Ländergruppe wurde wegen der nicht repräsentativen Datenbasis für Nordrhein-Westfalen kein Mittelwert für 1996 gebildet.

Die deutlichen Schäden in Schleswig-Holstein (27 %) sind auch 1996 weiter angestiegen und befinden sich dort auf ihrem höchsten Niveau seit Beginn der Zeitreihe im Jahr 1984. Unverändert geblieben ist dagegen der Anteil der deutlichen Schäden in Niedersachsen (15 %), in Hamburg (15 %) und in Bremen (13 %).

[1]) Zusammenfassung der Länder Schleswig-Holstein (SH), Niedersachsen (NI), Nordrhein-Westfalen (NW), Bremen (HB) und Hamburg (HH); Gesamtfläche 9,8 Mio. ha, Waldfläche 2,1 Mio. ha.

Abbildung 3

Entwicklung der Waldschäden in den nordwestdeutschen Ländern



Ostdeutsche Länder [2])

Die Zeitreihe für die Gruppe der ostdeutschen Länder beginnt 1990, wobei für das Anfangsjahr der Umfang der erhobenen Daten (16 x 16-km-Netz der EU) nur Aussagen für diese Ländergruppe insgesamt gestattet (vgl. Abbildung 4). Von einem mit 36 % schon sehr hohem Niveau stiegen die deutlichen Schäden 1991 auf 38% an. Seitdem gingen sie kontinuierlich und deutlich auf nunmehr 16 % zurück (vgl. Tabelle 4, Tabelle 5). Der Anteil der Bäume ohne Schadmerkmale hat sich seit 1992 dementsprechend verdoppelt (von 25% auf 48% im Jahr 1996). Auffällig ist die Parallelität der Entwicklung des Schadniveaus und des Rückgangs der Emissionen.

Der Trend zu einer Verbesserung des Waldzustandes setzt sich in allen Ländern dieser Ländergruppe fort, wobei der Anteil der deutlichen Schäden in den ostdeutschen Ländern inzwischen mit 6 bis 18% das vergleichsweise geringe Niveau der nordwestdeutschen Länder erreicht hat. Lediglich in Thüringen ist das Schadniveau mit 37 % wesentlich höher als im Durchschnitt dieser Ländergruppe.

Besonders auffällig ist der Rückgang der deutlichen Schäden in Mecklenburg-Vorpommern von 49% (1991) auf 6%, in Brandenburg von 33% (1991) auf nunmehr 11 % und in Thüringen von 54 % (1992) auf 37 % (1996).

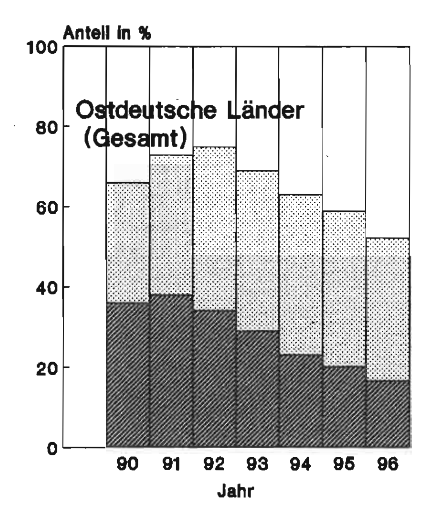
In Sachsen hat sich eine besondere Schadsituation in der Region zwischen mittlerem Erzgebirge und Zittauer Gebirge ergeben. Durch außerordentlich hohe Schwefeleinträge aus nordböhmischen Braunkohlekraftwerken (Tschechien) wurden dort im Winter 1995/1996 die Fichten akut geschädigt. Dies zeigte sich zunächst durch Rotfärbung der Nadeln und später durch Nadelabfall. Hiervon sind insgesamt etwa 50 000 Hektar Wald betroffen. 20 000 Hektar davon sind erheblich geschädigt, 3 000 Hektar nahezu abgestorben. Es wird mit einem Schadholzanfall von 400 000 Kubikmetern gerechnet. Damit hat sich der Waldzustand in der bereits früher durch Immissionen stark geschädigten Region erneut erheblich verschlechtert. Dies schlägt sich jedoch im Ergebnis der Waldschadenserhebung für Sachsen insgesamt nur eingeschränkt nieder, da die lokale Verschlechterung durch eine Verbesserung außerhalb des Extremschadgebietes teilweise ausgeglichen wird.

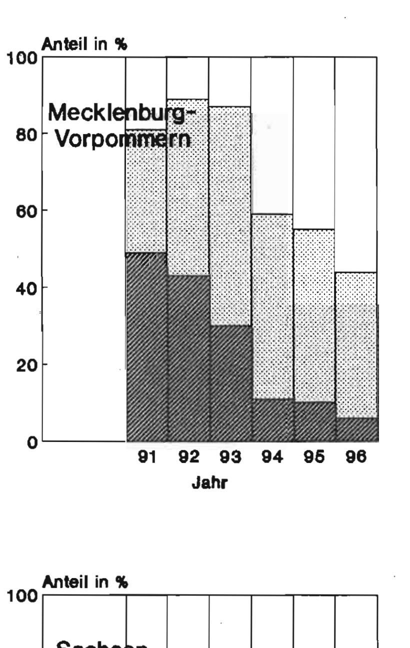
---

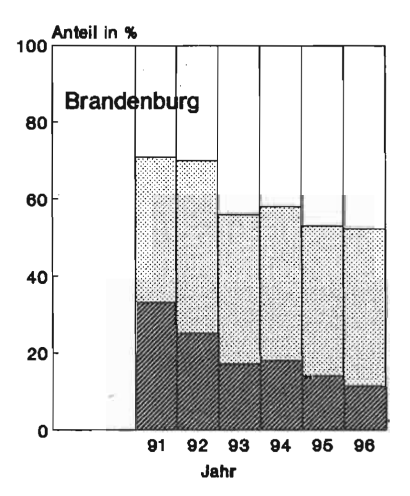
[2]) Zusammenfassung der Länder Brandenburg (BB), Berlin (BE), Mecklenburg-Vorpommern (MV), Sachsen (SN), Sachsen-Anhalt (ST) und Thüringen (TH); Gesamtfläche 10,9 Mio. ha, Waldfläche 3,0 Mio. ha.

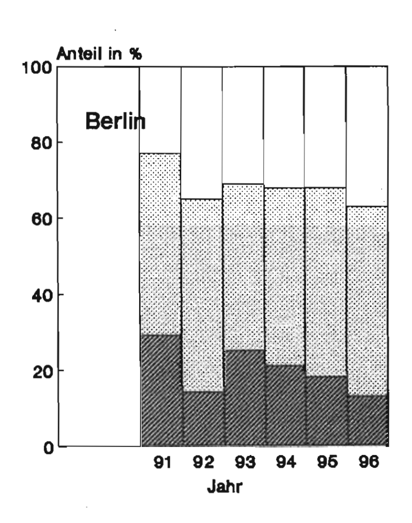
Abbildung 4

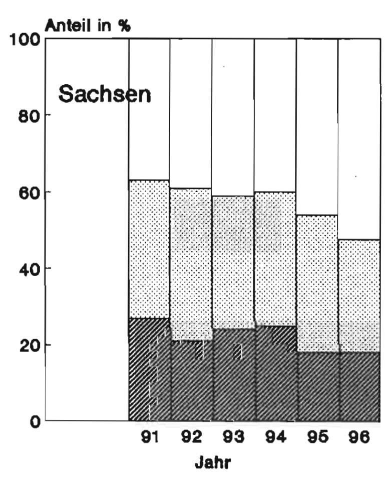
Entwicklung der Waldschäden in den ostdeutschen Ländern

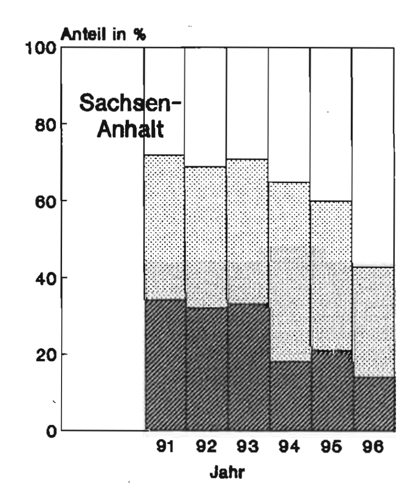


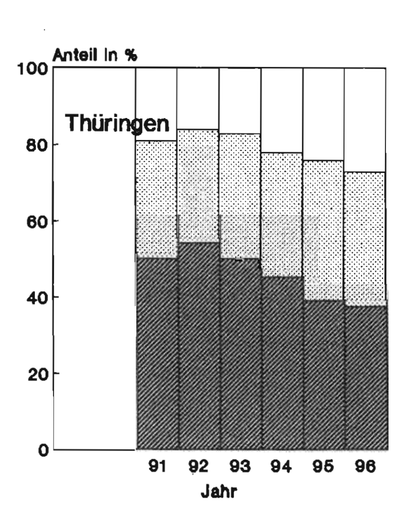












Anteil der Bäume in

Schadstufen 2 - 4 Schadstufe 1 Schadstufe 0

Süddeutsche Länder [3])

Der Anteil deutlicher Schäden bleibt 1996 in den süddeutschen Ländern im Vergleich zu den anderen Ländergruppen mit 25% deutlich geschädigter Bäume am höchsten (vgl. Tabelle 4 und Tabelle 5).

Die Zeitreihe dieser Ländergruppe, die 1990 eine sturmbedingte Unterbrechung erfuhr, zeigt folgende Entwicklung (vgl. Abbildung 5 und Anhang-Tabelle 1):

Der Anteil der deutlich geschädigten Bäume schwankt in den Jahren 1984 bis 1989 um die 20%. Er erreicht dabei im Jahr 1986 mit 22% seinen höchsten und mit 17% im Jahr 1989 seinen geringsten Wert. Seit 1991 liegt das Niveau der deutlichen Schäden höher und schwankt zwischen 24% (1991) und 29% (1994).

In den Ländern dieser Gruppe entwickelt sich der Anteil der deutlich geschädigten Bäume sehr unterschiedlich.

- So erreicht der Wert für Bayern nach einem Höchststand von 32% (1992) im Jahr 1996 mit 16% das niedrigste Niveau seit Beginn der Zeitreihe. Unter dem Mittelwert dieser Ländergruppe liegt auch das Schadniveau von Rheinland-Pfalz mit 22% sowie das des Saarlandes mit 21% deutlicher Schäden. In Hessen läßt sich dagegen seit 1990 ein Trend zur Verschlechterung feststellen. Mit 40% erreichte Hessen 1995 den höchsten Wert seiner Zeitreihe. 1996 konnte erstmals mit 35% ein Rückgang der deutlich geschädigten Bäume beobachtet werden. In Baden-Württemberg steigt der Anteil deutlich geschädigter Bäume auf 35%.

[3]) Zusammenfassung der Länder Baden-Württemberg (BW), Bayern (BY), Hessen (HE), Rheinland-Pfalz (RP) und Saarland (SL); Gesamtfläche 15,0 Mio. ha, Waldfläche 5,6 Mio. ha.

Abbildung 5

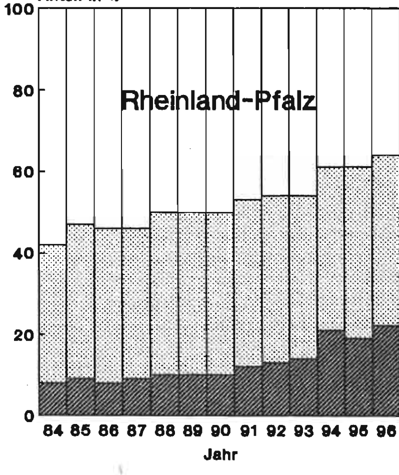
Entwicklung der Waldschäden in den süddeutschen Ländern

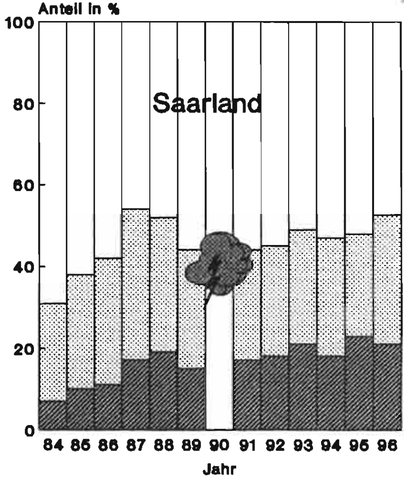
Süddeutsche Länder (Gesamt)
Anteil in %
Jahr
84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96

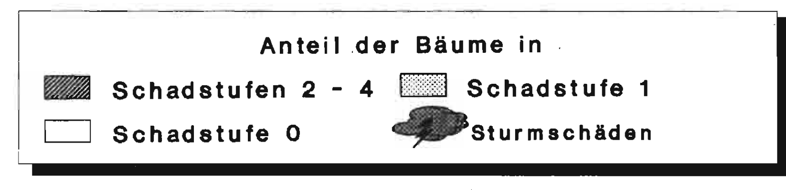
Baden-Württemberg
Anteil in %
Jahr
84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96

Bayern
Anteil in %
Jahr
84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96

Hessen
Anteil in %
Jahr
84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96







2.2.3 Hauptbaumarten

Die Waldschadenssituation bei den einzelnen Baumarten zeigt folgendes Bild:

Die **Fichte** ist mit ca. 33 % Anteil an der Waldfläche die häufigste Baumart in Deutschland. Bundesweit weist fast jede fünfte Fichte deutliche Schäden auf (18 %); der Anteil schwacher Schäden liegt bei 33 %; ohne Schadmerkmale sind 49 %. Seit 1991 deutet sich für die Fichte in Deutschland ein Trend zur Verbesserung an. Ein Vergleich der süddeutschen und der ostdeutschen Ländergruppe ergibt folgende Entwicklung (vgl. Abbildung 6 und Abbildung 10 sowie Anhang-Tabellen 2 a, 3 und 4 a):

- In den ostdeutschen Ländern stiegen die deutlichen Schäden von 1990 (31 %) auf 1991 (38 %) zunächst an. Seitdem gehen sie zurück. Mit 22 % bleibt die Fichte dort dennoch im Vergleich der Ländergruppen am schwersten geschädigt.
- Im Durchschnitt der süddeutschen Länder erreichten die deutlichen Schäden 1985 mit 27 % ein Maximum. Sie gingen dann bis 1989 kontinuierlich auf 14 % zurück. Nach den schweren Sturmschäden des Jahres 1990 erhöhten sie sich auf 22 % (1991) und schwankten mehrere Jahre um diesen Wert. In den letzten drei Jahren verbesserte sich der Zustand schrittweise auf 19 %. Das Bundesergebnis wird durch die Entwicklung in den fichtenreichen süddeutschen Ländern maßgeblich beeinflußt.

Die **Kiefer** ist mit ca. 28 % Anteil an der Waldfläche die zweithäufigste Baumart in Deutschland. Bundesweit weisen 13 % der Kiefern deutliche Schäden auf; der Anteil der schwachen Schäden liegt bei 43 %, ohne Schadmerkmale sind 44 %. Seit 1991 ging der Anteil der deutlichen Schäden von 29 % auf 13 % zurück und hat sich damit mehr als halbiert. Dies wurde maßgeblich durch die Entwicklung in den kiefernreichen ostdeutschen Ländern bestimmt. Ein Vergleich der süd- und der ostdeutschen Ländergruppe ergibt folgendes Bild (vgl. Abbildung 7 sowie Anhang-Tabellen 2 a, 3 und 4 a):

- Im Durchschnitt der ostdeutschen Länder gingen die deutlichen Schäden seit 1991 (39 %) erheblich auf nunmehr 11 % zurück und erreicht damit das geringe Schadniveau der Kiefer in den norddeutschen Ländern.
- Im Durchschnitt der süddeutschen Länder nahmen die deutlichen Schäden von 1984 (25 %) bis 1989 (14 %) ab. Nach dem Sturmschadensjahr 1990 lagen sie 1991 bei 25 % und gingen bis 1993 auf 22 % zurück. Nach einem Anstieg im Jahr 1994 auf 27 % gingen sie auf 19 % zurück.

Abbildung 6

Entwicklung der Waldschäden bei der Fichte

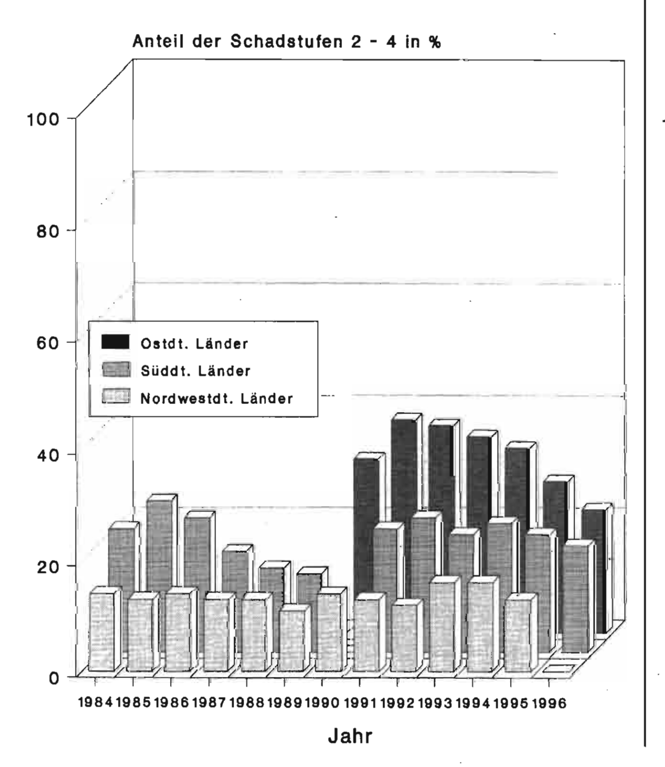
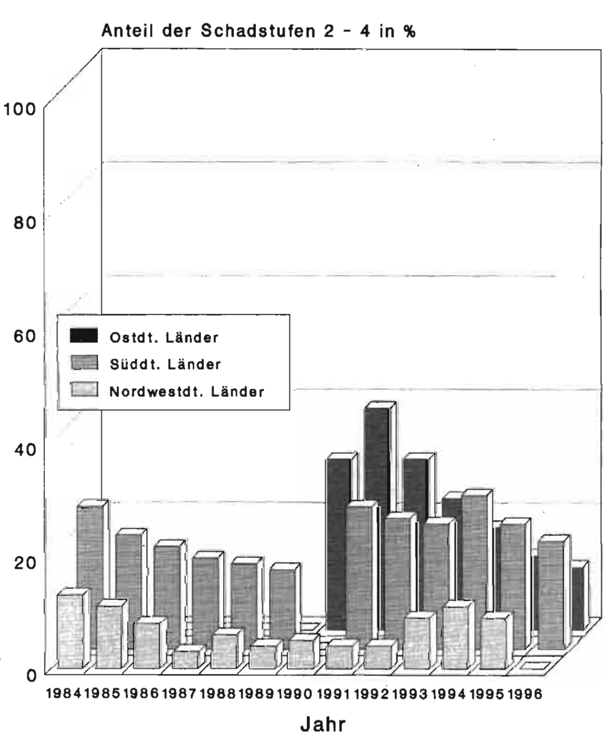


Abbildung 7

Entwicklung der Waldschäden bei der Kiefer

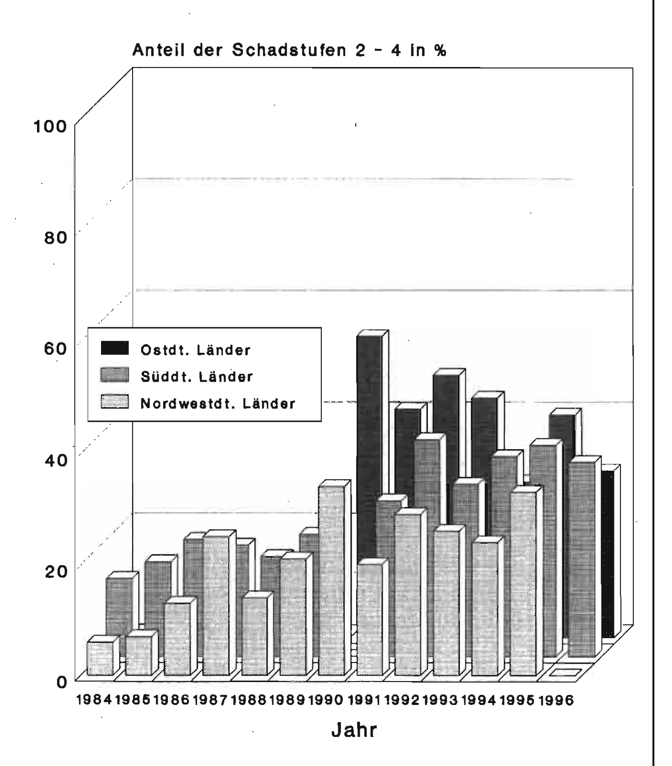


Die **Buche** ist mit ca. 14% Anteil an der Waldfläche die häufigste Laubbaumart in Deutschland. Bundesweit weisen 32% der Buchen deutliche und 43% schwache Schäden auf; ohne Schadmerkmale sind in diesem Jahr 25%. Damit zeigt die Buche seit 1991 im Bundesmittel ein Niveau von etwa 32%, das allerdings in den Jahren 1992 und 1995 deutlich übertroffen wurde. Im Vergleich zu den Vorjahren ergibt sich folgende Entwicklung (vgl. Abbildung 8 und Anhang-Tabellen 2b, 3 und 4b):

- In den ostdeutschen Ländern ist der Anteil der deutlichen Schäden mit 30% wieder auf das niedrige Niveau des Jahres 1994 gesunken. Insgesamt hat sich der Zustand der Buchen seit 1991 damit deutlich verbessert.
- In der Gruppe der süddeutschen Länder hat der Anteil der deutlich geschädigten Buchen von 1991 (28%) mit Schwankungen und z. T. höheren Werten auf nunmehr 35% zugenommen.

Abbildung 8

Entwicklung der Waldschäden bei der Buche

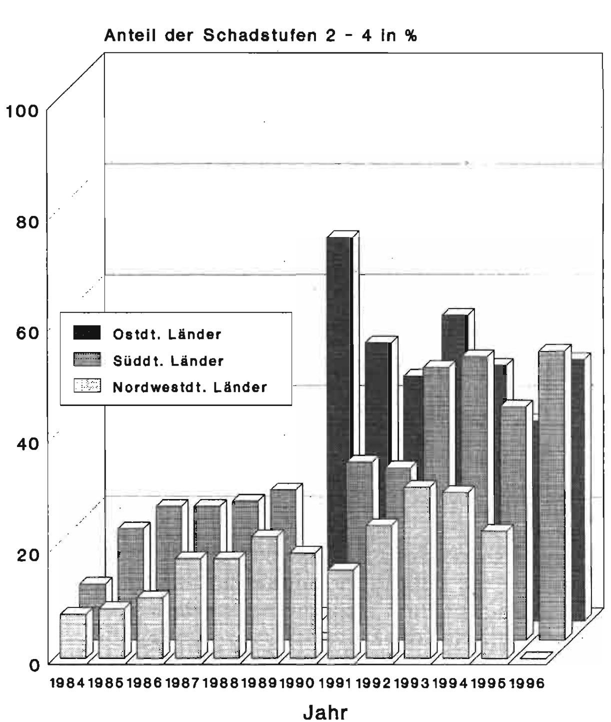


Die **Eiche** folgt mit ca. 9% Anteil an der Waldfläche ihrer Häufigkeit nach an vierter Stelle der Baumarten in Deutschland. Bundesweit weist etwa die Hälfte aller Eichen deutliche Schäden auf (48%) (vgl. Abbildung 9 sowie Anhang-Tabellen 2b, 3 und 4b). Der Anteil der schwachen Schäden liegt bei 34%; ohne Schadmerkmale sind 18%. Das Niveau der deutlichen Schäden stieg sprunghaft von 31 % im Jahr 1991 auf 45% in den Jahren 1993 und 1994 an. Nach einem Rückgang in 1995 auf 35% erreichte es 1996 mit 49% sein höchstes Niveau.

- In den ostdeutschen Ländern liegt der Anteil der deutlichen Schäden nach einem hohen Anfangswert (69% im Jahr 1990) bei einem Wert von etwa 50%. Er schwankt dabei von Jahr zu Jahr erheblich.
- Im Durchschnitt der süddeutschen Länder nehmen die Schäden bis 1994 auf 51% zu. Nach einer Verbesserung im Jahr 1995 liegen sie 1996 bei 52% und damit auf dem höchsten Niveau seit Beginn der Erhebung.

Abbildung 9

Entwicklung der Waldschäden bei der Eiche



Die **Tanne** ist in ihrem Vorkommen im wesentlichen auf den süddeutschen Raum (vor allem Baden-Württemberg und Bayern) begrenzt und nimmt in bezug auf die gesamte Waldfläche Deutschlands lediglich einen Flächenanteil von unter 2% ein (Anhang-Tabelle 8).

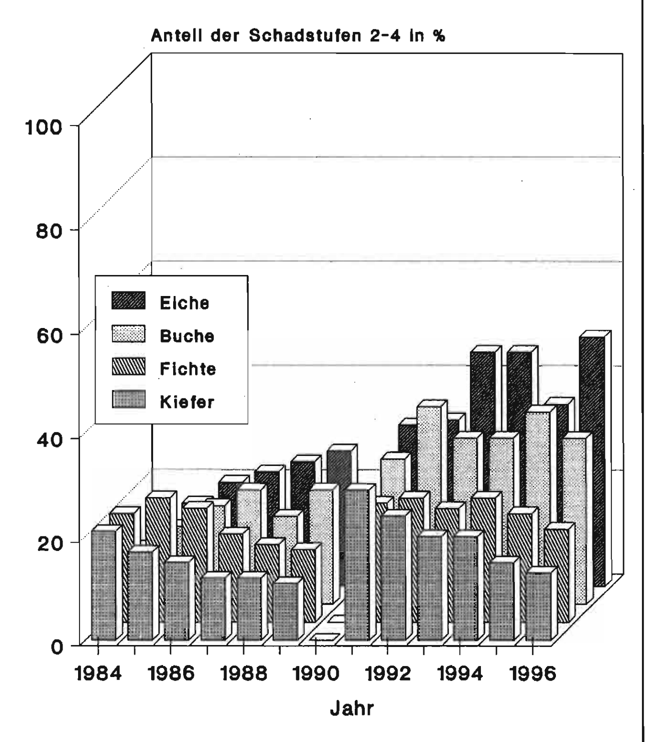
Auch 1996 bleibt die Tanne die am schwersten geschädigte Baumart: 50% der Tannen wiesen deutli-

che Schäden auf. Damit verharren die Schäden seit 1993 auf einem hohen Niveau.

Sonstige Baumarten sind wegen ihres geringen Anteils nicht einzeln auswertbar.

Abbildung 10

Entwicklung der Waldschäden nach Baumarten in Deutschland



2.2.4 Alter

Die bisherigen Ergebnisse der Waldschadenserhebung zeigen, daß ältere Bäume unter sonst gleichen Bedingungen im allgemeinen eine deutlichere Kronenverlichtung aufweisen als jüngere (s. Abbildung 11 und Anhang-Tabellen 5 und 6).

Der Anteil der deutlichen Schäden liegt bei den über 60jährigen Probebäumen erfahrungsgemäß zwei- bis viermal höher als bei den unter 60jährigen. Die Differenz ist bei den Lichtbaumarten Kiefer und Eiche relativ gering, bei Fichte und Buche dagegen hoch. Die Entwicklung der Schadanteile verläuft jedoch in beiden Altersgruppen weitgehend gleichgerichtet.

Wegen der schweren Sturmschäden wurde 1990 kein Bundesergebnis berechnet. Der darauf folgende sprunghafte Anstieg bei Fichte und Kiefer wird im wesentlichen beeinflußt durch das hohe Schadniveau und den hohen Flächenanteil dieser Baumarten in den neuen Ländern. Hinzu kommt, daß die Winterstürme 1990 insbesondere die wintergrünen Nadelbäume in Mitleidenschaft gezogen haben.

2.2.5 Vergilbung

Die Waldschadenserhebung erfaßt – neben dem Nadel-/Blattverlust – die Vergilbung als zweites Merkmal für die Eingruppierung in die Schadstufen. Sie ist ein äußeres Anzeichen für die Wirkung von Ernährungsstörungen, Schadstoffen, Witterungsextremen sowie von bestimmten Schaderregern (vor allem Pilzen) und kann sich von Jahr zu Jahr verändern.

Vergilbungen, die mehr als ein Viertel (25 %) der Nadel-/Blattmasse erfassen, führen zur Eingruppierung des betreffenden Stichprobenbaumes in eine höhere Schadstufe als sich allein aus dem Nadel-/Blattverlust ergäbe (vgl. Tabelle 2). Nur 1,5 % der Bäume wurden aufgrund starker Vergilbungen einer höheren Schadstufe zugeteilt, als es sich nach dem Nadel-/Blattverlust allein ergäbe. Der Vergilbungsgrad beeinflußt damit die Zuordnung der Probebäume zu den Schadstufen nur unbedeutend: im Bundesdurchschnitt erhöht sich der Anteil der Schadstufen 2–4 lediglich um 0,1 %-Punkte.

Weiterhin zeigt sich, daß 1996 bundesweit insgesamt nur rund 5 % der Bäume Vergilbungen aufweisen. Im allgemeinen ist keine eindeutige Entwicklung der Vergilbung zu erkennen (s. Anhang-Tabelle 7).

2.2.6 Ersatz von Stichprobenbäumen

Im Rahmen der diesjährigen Waldschadenserhebung (bundesweite Unterstichprobe) wurden an rd. 2 630 Stichprobenpunkten etwa 63 000 Bäume erfaßt.

Seit der letzten Erhebung sind 7 Stichprobenpunkte vollständig ausgefallen (0,27 % aller Stichprobenpunkte). Davon schieden drei Punkte aufgrund von Insektenbefall und ein Punkt wegen abiotischen Schäden aus. Ein Punkt wurde im Rahmen der planmäßigen Betriebsführung eingeschlagen. Bei zwei Punkten konnte der Ausfallgrund nicht geklärt werden.

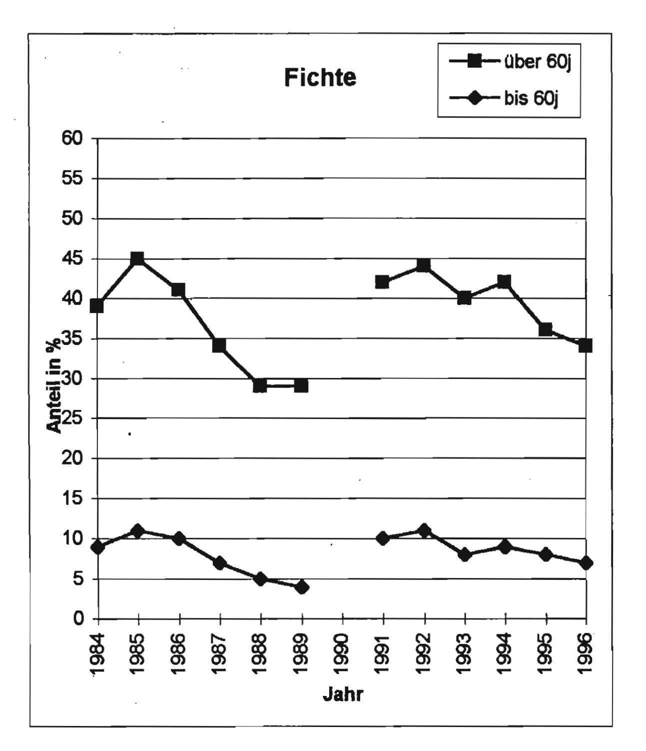
Die ausgefallenen Punkte werden wieder in der Waldschadenserhebung erfaßt, sobald der Aufwuchs der jungen Bäume mehr als kniehoch ist (gesicherte Verjüngung).

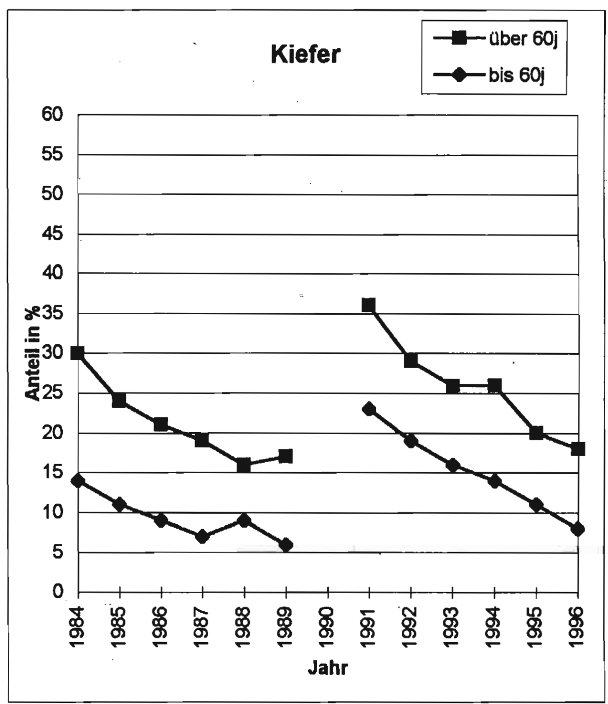
1996 sind seit der letzten Erhebung einschließlich der Bäume an komplett ausgefallenen Punkten 558 bzw. 1,7 % der über 60jährigen Stichprobenbäume ausgeschieden:

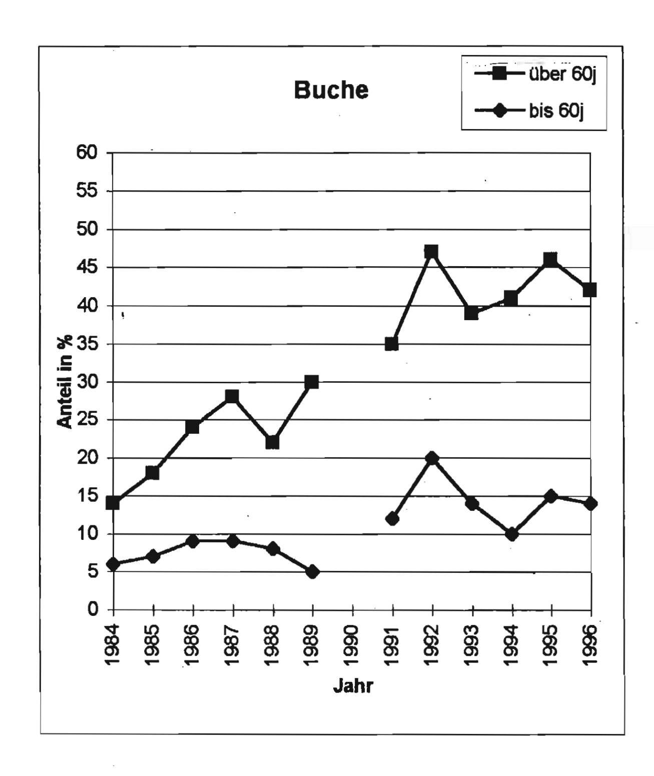
- 197 Bäume sind im Zuge langfristig geplanter Nutzung entnommen worden.
- 142 Bäume waren so schwer von Insekten und/oder Pilzen befallen, daß sie entnommen wurden (124) oder abstarben (18).
- 43 Bäume schieden wegen abiotischer Einflüsse (vor allem Sturmwurf, Schneebruch, Feuer) aus; diese Bäume wurden zum größten Teil im Rahmen von Hiebsmaßnahmen entnommen.
- 84 Bäume schieden aus der Erhebung aus, weil sie im Konkurrenzkampf ihren Nachbarn unterlagen und jetzt nicht mehr am Kronendach beteiligt sind.

Abbildung 11

Entwicklung der Waldschäden bei den Altersgruppen







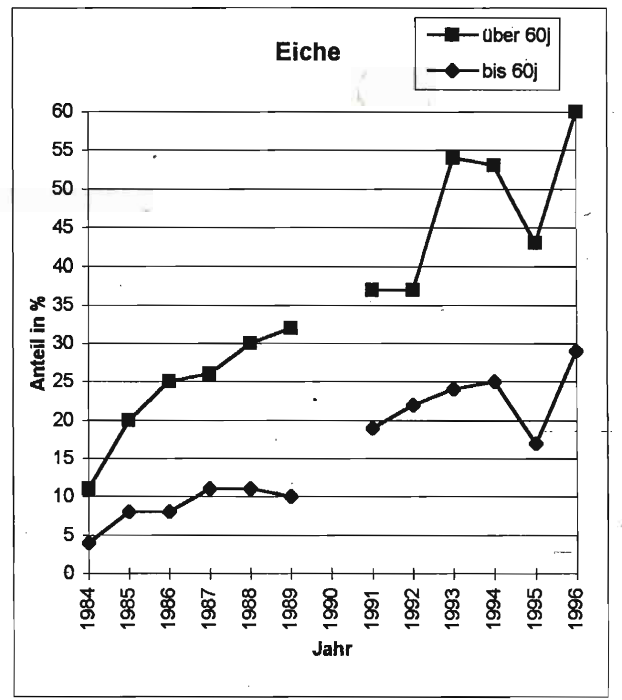


Tabelle 6

Schadstufenverteilung ausgefallener Einzelbäume und ihrer Ersatzbäume bei der Waldschadenserhebung 1996

– in % –

über 60jährige Bäume	Schadstufen			
	0	1	2	3+4
Schadstufenverteilung der				
– Ausfälle (508 Bäume)	16	33	31	20
– Ersatzbäume	25	43	28	4
Veränderung in Relation zum Kollektiv der über 60jährigen Bäume (32 410 Bäume) . . .	0,14	0,15	– 0,05	– 0,24

– 23 Bäume konnten nicht mehr bonitiert werden, weil sie durch den Wind stark angeschoben waren oder weil ihre Krone abgebrochen war.

– Bei 69 Bäumen konnten die Ursachen für die Entnahme (52) bzw. für das Absterben (17) nicht mehr ermittelt werden.

Ausgeschiedene Einzelbäume (508) wurden durch die nächststehenden Nachbarbäume ersetzt. Ein Vergleich der ausgefallenen Bäume mit ihren Ersatzbäumen zeigt, daß durch diese Maßnahme kein „Gesundschlagen" des Stichprobenkollektivs stattfindet, auch allein schon deswegen, weil der Anteil der ausgeschiedenen bzw. ersetzten Stichprobenbäume so gering ist (vgl. Tabelle 6).

Bestandesverlichtungen, die an örtlich begrenzten Schadensschwerpunkten z. B. durch Immissionen oder Insekten entstanden sind, können mit dem Stichprobenverfahren der terrestrischen Waldschadenserhebung nicht erfaßt werden. Die Länder führen hierzu spezielle Erhebungen durch.

2.3 Einflüsse auf den Kronenzustand 1996

Neben den Dauerbelastungen durch Luftschadstoffe (vgl. Abschnitt 5.1.4) wird der Kronenzustand auch von anderen, sich unter Umständen kurzfristig ändernden Faktoren beeinflußt. Dazu zählen vor allem

– die Witterung (Abschnitt 2.3.1) und

– das Auftreten von Schadinsekten (Abschnitt 2.3.2).

2.3.1 Witterung

Für die Ausprägung der Neuartigen Waldschäden spielt auch das Witterungsgeschehen der Monate vor und während einer Waldschadenserhebung sowie die Witterung der Jahre vor der jeweiligen Waldschadenserhebung eine bedeutende Rolle. Vor allem Temperaturverlauf, Niederschlagsverhältnisse und Windbewegungen beeinflussen den Kronenzustand der Waldbäume. Ausschließliche Ursache für die Neuartigen Waldschäden – wie verschiedentlich behauptet – sind diese Faktoren jedoch nicht.

Die Witterung steht in engen Wechselbeziehungen mit anderen, auf die Wälder einwirkenden Streßfaktoren: Einerseits kann ein ungünstiger Witterungsverlauf (z. B. Trockenheit) die Empfindlichkeit der Bäume für andere Schadeinwirkungen, wie z. B. Luftschadstoffe und Insekten, erhöhen. Andererseits kann die Einwirkung von Luftschadstoffen (vgl. Abschnitt 4.1) die Empfindlichkeit gegenüber Witterungsereignissen (z. B. Frost oder Trockenheit) steigern.

Hohe Winter- und Frühjahrsfeuchtigkeit sowie kühlfeuchtes Sommerwetter sind für die Vitalität der Bäume und damit für deren Belaubungszustand günstig; anhaltend trocken-warme Witterung dagegen kann einen erheblichen Streß darstellen. Trocken-warme Witterung fördert darüber hinaus die Vermehrung verschiedener Schadinsekten. Sie kann außerdem in den Waldböden im Zusammenhang mit verstärktem Humusabbau zu Versauerungsschüben führen, welche die Wirkung der ebenfalls versauernd wirkenden Schadstoffeinträge zusätzlich verstärken.

Die Bewertung von Witterungseinflüssen und ihren Wirkungen auf den aktuellen Kronenzustand ist jedoch aus mehreren Gründen schwierig. Einerseits variiert die Witterung großräumig und auch kleinräumig erheblich. Andererseits kann ihre Wirkung schon durch kleinräumig unterschiedliche Standortsbedingungen (z. B. Wasserversorgung) überlagert werden. Darüber hinaus wirkt sich die Witterung eines Jahres auf die Waldbäume zum Teil erst in den folgenden Vegetationsperioden sichtbar aus.

Für weite Gebiete Deutschlands sind von 1988 bis 1992 relativ hohe Jahresdurchschnittstemperaturen mit milden und niederschlagsreichen Wintern und niederschlagsarmen Sommern festzustellen. Auch die Winter 1993/94 und 1994/95 waren relativ mild und niederschlagsreich. Die Jahre 1994 und 1995 dürften den Zustand des Waldes im allgemeinen positiv beeinflußt haben. Hierbei dürften v. a. überdurchschnittliche Niederschläge zu Beginn der Vegetationsperiode eine Rolle spielen, wodurch die Wälder die heißen und trockenen Sommerperioden verkraften konnten. Auch das Jahr 1996 war insgesamt eher günstig für den Wald. Der Winter war zwar kalt und extrem trocken. Das entstandene Wasser-

defizit wurde im Verlaufe des weiteren Jahres durch reichliche Niederschläge bei relativ geringen Temperaturen nach und nach ausgeglichen. Außerdem konnte sich wegen der relativ geringen Sonnenstrahlung weniger Ozon als in den Vorjahren bilden.

Die Waldzustandsberichte einiger Länder enthalten folgende Hinweise zur Witterung 1996:

- In Mecklenburg-Vorpommern war die Witterung insgesamt zu trocken und zu kalt. Zu akuter Hitzeeinstrahlung mit Dürrestreß wie in den vergangenen Trockenjahren kam es jedoch nicht, so daß sich während der diesjährigen Vegetationsperiode schädigende Witterungseinflüsse in engen Grenzen hielten.
- In Hessen, Sachsen-Anhalt und Thüringen konnten überdurchschnittliche Regenfälle im Mai und Juli die Niederschlagsdefizite des Winters 1995/1996 zwar nicht kompensieren, doch dürfte der kühle Sommer mit einem geringerem Wasserbedarf der Vegetation die Wälder vor Trockenstreß bewahrt haben.
- In Bayern fielen im Beobachtungszeitraum 1995/1996 für das Waldwachstum ungünstige Phasen geringen Niederschlags mit niedrigen Temperaturen und geringem Sonnenschein zusammen. Großer Trockenstreß trat daher in diesem Jahr kaum auf. Die diesjährige Witterung kam vor allem dem Austrieb der Laub- und Nadeltriebe sehr entgegen.
- In Rheinland-Pfalz waren ausgedehnte Trockenperioden im Winter und Frühjahr und kürzere Trockenphasen im Sommer zu verzeichnen, gebietsweise kann durchaus Trockenstreß für die Waldbestände entstanden sein.

2.3.2 Schädlingsbefall/Waldschutzumfrage

Schädlingsbefall der Stichprobenbäume

Bei der terrestrischen Waldschadenserhebung werden, soweit eindeutig feststellbar, durch biotische Schaderreger (vor allem Insekten und Pilze) hervorgerufene Kronenschäden zum Zeitpunkt der Erhebung mit aufgenommen, um diese Ursachen für Nadel-/Blattverluste gesondert festzuhalten. Das Stichprobenverfahren der Waldschadenserhebung kann aber nur großräumige Aussagen machen; für eine eingehendere Betrachtung sind Kenntnisse des örtlichen Forstpersonals sowie Beobachtungen aus den Forstschutzmeldenetzen und Dauerbeobachtungsflächen erforderlich.

Wichtige Erkenntnisse zum Schädlingsbefall aus der Waldschadenserhebung 1996 sind:

- Im Durchschnitt aller Baumarten weisen 11 % der Bäume erkennbaren, d. h. leichten, mittleren oder starken Befall durch Insekten und Pilze auf. Nach einem Maximum im Jahr 1993 ging der Befall um insgesamt 5 %-Punkte in den Jahren 1994 und 1995 zurück.
- Der Anteil der Bäume mit mittlerem und starkem Befall liegt bei etwa 3 %. Bei den Baumarten ergaben sich jedoch unterschiedliche Entwicklungen des Insekten- und Pilzbefalls (vgl. Anhang-Tabelle 9):
  = Nahezu unverändert gering ist er bei Fichte und bei Kiefer mit ca. 1 %.
  = Bei der Buche und bei der Eiche stiegen die Schäden stark an. Die Eiche weist mit 21 % den stärksten Befall mit Schädlingen im Vergleich mit den anderen Baumarten auf. Der Befall mit Schädlingen ist in diesem Jahr damit sehr hoch.
- Die Befallsentwicklung ist je nach Baumart und Land sehr unterschiedlich.

Insgesamt wurden die festgestellten Nadel-/Blattverluste nur unwesentlich von Insekten- und Pilzbefall beeinflußt. Bei der Eiche allerdings hat der Insektenbefall erheblich zu dem starken Anstieg der Blattverluste in diesem Jahre beigetragen.

Waldschutzumfrage

Der Waldzustandsbericht beruht auf der Bewertung des Kronenzustandes Anfang August. Zur Interpretation der Ergebnisse ist es daher wichtig, möglichst viele Faktoren zu kennen, die sich auf den Zustand zum Erhebungszeitpunkt auswirken. Beispielsweise führt Kahlfraß von Eichenwickler- oder Frostspanner-Raupen im Frühjahr i. d. R. dazu, daß im Sommer erneut Blätter gebildet werden. Diese sind z. T. kleiner und werden häufig von Pilzen wie dem Eichenmehltau befallen. Während der Erhebung für den Waldzustandsbericht ist vorangegangener Kahlfraß u. U. nicht mehr erkennbar.

Aus diesem Grund werden zusätzliche Angaben zur Waldschutzsituation im Jahresverlauf in dem Bericht aufgenommen. Im September dieses Jahres wurden von den Sachverständigen der Länder für Waldschutz folgende Angaben übermittelt.

Besonders, aber regional sehr unterschiedlich betroffen sind in diesem Jahr folgende Baumarten:

- die **Fichte** v. a. durch Massenvermehrung der **Borkenkäfer** und von **Schmetterlingen mit nadelfressenden Raupen** insbesondere der **Nonne,**
- die **Kiefer** v. a. durch Massenvermehrung von **Schmetterlingen mit nadelfressenden Raupen,** insbesondere des **Kiefernspinners** und der **Nonne,** sowie des **Kiefernprachtkäfers** und der **Kiefernborkenkäfer,**
- die **Eiche** v. a. durch Massenvermehrung von **Schmetterlingen mit blattfressenden Raupen,** insbesondere des **Eichenwicklers** und der **Frostspanner-Arten,** sowie des **Eichenprachtkäfers.**

Die großräumige Vermehrung der Schadinsekten wurde durch für sie gute Entwicklungsbedingungen, insbesondere günstige Witterung, in den vergangenen Jahren gefördert. Aber auch die natürliche Populationsdynamik ist von großer Bedeutung. In den 1990 von den Sturmwürfen betroffenen Gebieten kommt als weiterer Faktor die durch die Auflichtung verursachte Zunahme der Bestandesinnentemperatur hinzu.

Schadinsekten an der Fichte

Zu den bedeutenden Schadinsekten an Fichte zählen die rindenbrütenden Borkenkäfer, vor allem **Buchdrucker** *(Ips typographus)* und **Kupferstecher** *(Pityogenes chalcographus)*.

Beide Arten treten häufig gemeinsam auf. Sie haben sich in den vergangenen Jahren aufgrund begünstigender Umstände, vor allem der Witterung, in fast dem gesamten Bundesgebiet massenhaft vermehrt. Obwohl Maßnahmen wie

- eine saubere Waldwirtschaft einschließlich der Aufarbeitung von Befallshölzern sowie dem Häckseln von Kronen und Resthölzern und
- der Einsatz von Pheromonfallen zur Überwachung und Reduktion der Populationsdichte

durchgeführt wurden, ist nach wie vor die Populationsdichte sehr hoch. Aus diesem Grund sind bislang Schadholzmengen in der Größenordnung der Vorjahre angefallen. Die Entwicklung der Borkenkäfer verzögerte sich zwar aufgrund der Witterung, doch muß im Jahresverlauf mit weiteren Schäden gerechnet werden. Insgesamt haben sich die ergriffenen Maßnahmen in den meisten Bundesländern bewährt. Dadurch konnte ein weiteres Ansteigen der Schadholzmengen bzw. eine weitere Ausdehnung der Befallsgebiete i. d. R. verhindert werden. In jenen Gebieten, in denen aus bestimmten Gründen (z. B. Naturschutzaspekte) keine Maßnahmen ergriffen wurden, z. B. im Nationalpark Harz, sind örtlich enorme Schäden aufgetreten. Dies hat dort zu einem Überdenken der bisherigen Strategien bei starkem Insektenbefall in diesen Gebieten geführt.

Die **Nonne** *(Lymantria monacha)* zählt durch ihre Neigung zu großflächigen Massenvermehrungen zu den bedeutendsten Forstschädlingen Mitteleuropas. Die Raupen treten bevorzugt an Kiefern- und Fichtenbeständen auf und können Kahlfraß verursachen. In Niedersachsen, Sachsen und Thüringen traten auf einigen Hundert Hektar Fraßschäden an Fichte auf. Auf einigen Flächen mußten auch 1996 wieder Pflanzenschutzmittel angewandt werden, um Kahlfraß zu verhindern.

Die **Kleine Fichtenblattwespe** *(Pristiphora abietina)* hat sich in Teilen Bayerns nicht nur in Kulturen und Dickungen, sondern in den letzten Jahren zunehmend auch in Fichtenaltholzbeständen zu einem chronischen Schädling entwickelt. In diesem Jahr konnte allerdings in einigen Befallsgebieten aufgrund der Witterung eine Abnahme der Fraßintensität festgestellt werden.

Schadinsekten an Kiefer

In den Kieferngebieten, vor allem in Nordostdeutschland, haben sowohl forstwirtschaftliche Maßnahmen als auch natürliche Faktoren, größere Fraßschäden und eine Ausbreitung der Schadinsekten weitgehend verhindert.

Die Raupen des **Kiefernspinners** *(Dendrolimus pini)* können durch Fraß im Herbst und Kahlfraß im Frühjahr des Folgejahres das Absterben ganzer Waldbestände verursachen. In den vergangenen Jahren bedrohte dieses Schadinsekt vor allem Kiefernbestände in Ostdeutschland. Die Population dieses Schadinsektes konnte reduziert werden. In Brandenburg ging die Behandlungsfläche 1996 auf ca. 10 000 Hektar zurück, in Sachsen und Sachsen-Anhalt mußten insgesamt auf ca. 1 000 Hektar Pflanzenschutzmittel angewandt werden.

Der Befallsschwerpunkt der **Nonne** *(Lymantria monacha)* an Kiefer hat sich verlagert. In Brandenburg war eine Anwendung von Pflanzenschutzmitteln nicht mehr erforderlich. In Niedersachsen betrug die Befallsfläche ca. 10 000 Hektar. Die Nonne wurde dort z. T. gemeinsam mit der **Kiefernbuschhornblattwespe** *(Neodiprion sertifer)* auf insgesamt 2 500 Hektar bekämpft.

Der **Kiefernspanner** *(Bupalus piniarius)*, der ebenfalls durch Raupenfraß die Kiefernbestände bedroht, weist in Brandenburg, Sachsen-Anhalt und Sachsen steigende Dichten auf. Eine Einschätzung der Fraßschäden ist erst im weiteren Jahresverlauf möglich. Die **Forleule** *(Panolis flammea)* tritt vermehrt in Südhessen und Bayern auf.

Der **Blaue Kiefernprachtkäfer** *(Phaenops cyanea)* ist seit 1992 vermehrt insbesondere in den ostdeutschen Ländern sowie in der nordbadischen Oberrheinebene und der südhessischen Rhein-Main-Ebene aufgetreten. Der Larvenfraß in der Bastschicht bringt die Bäume meist zum Absterben. Vermutlich weil der Prachtkäfer als wärmeliebendes Insekt 1996 nicht die optimalen Voraussetzungen für seine Entwicklung vorfand, ist die befürchtete Zunahme der Schäden bislang ausgeblieben. Der weitere Verlauf über den Schadholzanfall ist jedoch abzuwarten, da aufgrund der Lebensweise dieser Art die Schäden erst ab Herbst deutlich sichtbar werden. Weiterhin treten in Süddeutschland auch Borkenkäfer an Kiefer auf, besonders die **Waldgärtner-Arten** *(Tomicus piniperda* und *minor)*.

Schadinsekten an sonstigem Nadelholz

Die Lärchenbestände wurden örtlich in Sachsen-Anhalt und Thüringen von der **Lärchenminiermotte** *(Coleophora laricella)* und auch **Lärchenborkenkäfer** *(Ips cembrae)* befallen. Letzterer tritt auch in Südwestdeutschland auf.

Schadinsekten an Eiche

Die Eichen werden nach wie vor durch die sogenannte Eichenfraßgesellschaft, d. h. **Eichenwickler** *(Tortrix viridana)* und **Frostspanner-Arten** *(Operophtera brumata u. a.)* bundesweit auf einer Fläche von mehr als 160 000 Hektar befallen. Häufig treten diese Arten gemeinsam auf. Der Raupenfraß verursacht Zuwachsverluste und vermindert die Fruchtbildung. Obwohl sich die Bäume im Juni/Juli wieder begrünen, können sie in ihrer Vitalität gemindert werden, und es können Folgekrankheiten (z. B. Eichenmehltau) oder auch Sekundärschädlinge (z. B. **Eichenprachtkäfer** *(Agrilus biguttatus)*) auftreten. Trockenastigkeit, Wipfeldürre und Absterben von Bäumen sind häufige Folgen.

Vereinzelt wurden Gegenmaßnahmen z. B. in Bayern, Sachsen, Thüringen bei stark vorgeschädigten oder besonders schützenswerten Beständen, z. B. Saatgutbeständen, ergriffen.

Die Gradation des **Schwammspinners** *(Lymantria dispar)* ist nahezu in allen Befallsgebieten zusammengebrochen. Nur örtlich wurden kleinere Befallsherde z. B. in Bayern, Sachsen und Thüringen registriert. Gravierend sind die immer noch zunehmenden Folgeschäden der Kalamität der vergangenen Jahre, z. B. im Bienwald, in manchen Befallsgebieten Baden-Württembergs oder auf unbehandelten Versuchsflächen in Bayern.

Der **Eichenprozessionsspinner** *(Thaumetopoea processionea),* dessen Raupenhaare bei Menschen Allergien und schwere Hautreizungen hervorrufen können, hat sich in diesem Jahr stark vermehrt. Es wurden vorwiegend Solitäre, Randbäume oder Baumgruppen befallen. In Baden-Württemberg, Bayern und Sachsen-Anhalt wurde der Eichenprozessionsspinner bekämpft, um einer weiteren Ausdehnung der Befallsgebiete und damit einer Beeinträchtigung der menschlichen Gesundheit entgegenzuwirken.

Der **Waldmaikäfer** *(Melolontha hippocastani)* befindet sich im gesamten Oberrheintal in einer Massenvermehrung. 1996 trat ein Maikäferflug in Baden-Württemberg, der örtlich zu Kahlfraß führte, auf. Bedeutungsvoller jedoch ist der Larvenfraß der Engerlinge an den Wurzeln der Bäume. Durch den Engerlingsfraß ist es örtlich unmöglich, Laubholzkulturen zu begründen und die Umwandlung von Nadelholz in Mischbestände zu verwirklichen. Der Engerlingsfraß führte in Südhessen auch zum Verlust ökologisch wertvoller älterer Laubholzunterbauten in ehemaligen Kiefern-Reinbeständen und sukzessiv zur Ausbreitung der nordamerikanischen Traubenkirsche.

Schadinsekten an Buche

Auffällige Schäden an Buchenbeständen sind in Brandenburg aufgetreten. Die Wipfeldürre mit hohem Totastanteil wurde vermutlich durch Trocknis in Verbindung mit Winterfrösten hervorgerufen. Nachfolgend tritt **Prachtkäferbefall** *(Agrilus viridis)* auf.

Maßnahmen zur Vorbeugung, Überwachung, Prognose und Bekämpfung

Die Forstverwaltungen der Länder verfügen über gut funktionierende Überwachungs- und Prognoseverfahren. In Abhängigkeit von der Biologie des Schadinsektes werden beispielsweise Maßnahmen wie

- Käfer- bzw. Falterfänge und -zählungen (z. B. Pheromon-Fallen, Zählstammgruppen),
- Ei- bzw. Larvenzählungen (z. B. Eispiegelzählungen, Leimringkontrollen),
- Puppen-, Kokon- und Raupendichteermittlungen (Winterbodensuchen),
- Untersuchungen von Larven und Imagines auf Parasitierungen und sonstige Krankheiten

ergriffen. Auf dieser Grundlage wird über die Notwendigkeit von Bekämpfungsmaßnahmen entschieden. Hierbei stehen neben der Vorbeugung durch waldbauliche Maßnahmen (z. B. Wahl der Baumarten, Herkünfte, Mischungsverhältnis), biotechnische (Einsatz von Pheromonfallen) und mechanische (Einschlag und Entrindung von Borkenkäfer- und Prachtkäferholz, Beseitigung bzw. Vernichtung von befallener Rinde) im Vordergrund. Nur in Ausnahmefällen werden zugelassene Pflanzenschutzmittel angewandt, wenn z. B.

- die Dichten von bestimmten Schadinsekten so hoch sind, daß infolge der Fraßschäden ein Absterben der Waldbestände zu befürchten ist, oder
- die Gesundheit des Menschen wie beim Eichenprozessionsspinner gefährdet wird (hygienische Gründe).

3. Der Waldzustand in Europa

Luftverunreinigungen und Neuartige Waldschäden sind ein grenzübergreifendes Problem. So hat das zwischenstaatliche Waldforum (Intergovernmental Panel on Forests) der VN bei seiner 3. Sitzung im September 1996 festgestellt, daß Luftverunreinigungen den Waldzustand nicht nur in Europa, sondern auch in verschiedenen anderen Teilen der Welt beeinflussen.

Im Jahre 1979 wurde in Genf das Übereinkommen über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigungen (Genfer Luftreinhaltekonvention) gezeichnet. 1985 beauftragte das Exekutivorgan der Konvention eine internationale Arbeitsgruppe[4]) damit, den Waldzustand zu erfassen und die Ursachen der Neuartigen Waldschäden zu untersuchen. Als Ergebnis dieser internationalen Aktivitäten führen die europäischen Staaten seit 1986 Waldschadenserhebungen nach einem einheitlichen Stichprobenverfahren durch. Die EU unterstützt ihre Mitgliedstaaten bei der Erhebung gemäß Verordnung des Rates (EWG) Nr. 3528/86 über den Schutz des Waldes gegen Luftverunreinigungen.

Die Ergebnisse der nationalen Waldschadenserhebungen werden vom Programmkoordinierungszentrum in Hamburg zusammengestellt und im gemeinsamen europäischen Waldzustandsbericht der Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa (UN/ECE) und der Europäischen Union (EU) veröffentlicht[5]).

Für 1995[6]) wurden die Erhebungsdaten aus 30 europäischen Ländern zusammengestellt. Die Stichproben erfassen 151 Mio. ha Waldfläche.

Die Ergebnisse der Erhebung von 1995 machen deutlich, daß Waldschäden weiterhin ein ernstes Problem in Europa darstellen. Dies kann mit Standortbedingungen und natürlichen Schadfaktoren nicht ausreichend erklärt werden, auch wenn die in einigen europäischen Regionen beobachtete übermäßig lange Trockenheit ein wichtiger Ursachenfaktor ist.

Nach den Ergebnissen des staatenübergreifenden Stichprobennetzes mit rund 117 035 Probebäumen weisen knapp über 25 % der Stichprobenbäume deutliche Schäden auf. Betrachtet man die Entwicklung der zwölf am weitesten verbreiteten Baumarten in Europa, so ist deren Anteil an deutlich geschädigten Bäumen zwischen 1988 und 1995 gestiegen. Besonders auffallend ist dies bei Buche, Korkeiche sowie der Aleppokiefer zu beobachten.

Die Gebiete mit dem stärksten Nadel-/Blattverlust liegen wie schon in den Vorjahren in Mitteleuropa; aber auch in einigen Teilen Nord- und Südeuropas ist der Nadel-/Blattverlust stark. Der niedrigste Nadel-/Blattverlust zeigt sich im größten Teil Westeuropas und in Südwesteuropa (s. Karte 3).

Im folgenden zeigen einige Beispiele die unterschiedliche Entwicklung des Kronenzustandes in Nachbarstaaten (s. Abbildung 12).

In **Österreich** nahmen die deutlichen Schäden von 11 % im Jahr 1989 bis 7 % im Jahr 1995 ab.

In **Frankreich** sind die deutlichen Schäden bei einem relativ niedrigen Niveau von ca. 7 % zwischen 1986 und 1994 weitgehend gleichgeblieben. 1995 ist erstmals ein spürbarer Anstieg der deutlichen Schäden auf 13 % festzustellen.

In **Dänemark** hat sich der Waldzustand seit 1987 ungeachtet jährlicher Schwankungen kontinuierlich verschlechtert. 1995 ist jeder dritte Baum deutlich geschädigt (37 %).

In **Polen** sind die deutlichen Schäden von 20 % im Jahre 1988 auf 53 % im Jahre 1995 stark angestiegen. Sie liegen damit im Vergleich zum europäischen Durchschnitt auf sehr hohem Niveau.

Aus den Waldzustandsberichten der Staaten geht hervor, daß die Luftverunreinigungen besonders in den Hauptschadgebieten einiger Länder, aber auch in einigen anderen Regionen ein bedeutender Faktor sind, weil die Konzentration von Schadstoffen in der Luft und ihre Deposition offenbar die für Waldökosysteme kritischen Belastungswerte überschreiten. Die Länder, in denen ein hohes Maß an Luftverunreinigungen festgestellt wurde, sehen diese als den Hauptfaktor für die Waldschäden an. Die meisten anderen Länder betrachten die Luftverunreinigungen als einen prädisponierenden, begleitenden oder örtlich auslösenden Faktor für die Schwächung der Waldökosysteme.

---

[4]) Internationales Kooperationsprogramm für die Erfassung und Überwachung der Auswirkungen von Luftverunreinigungen auf Wälder unter dem Vorsitz von Deutschland (ICP Forests)

[5]) Der Bericht der UN/ECE und der EU „Der Waldzustand in Europa – Ergebnisse der Erhebung 1995" kann über die Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft – PCC-West, 21027 Hamburg, bezogen werden.

[6]) Die neuesten verfügbaren Angaben auf europäischer Ebene sind die Ergebnisse der Waldschadenserhebungen des Jahres 1995.

Karte 3

Ergebnisse der europäischen Waldschadenserhebung 1995

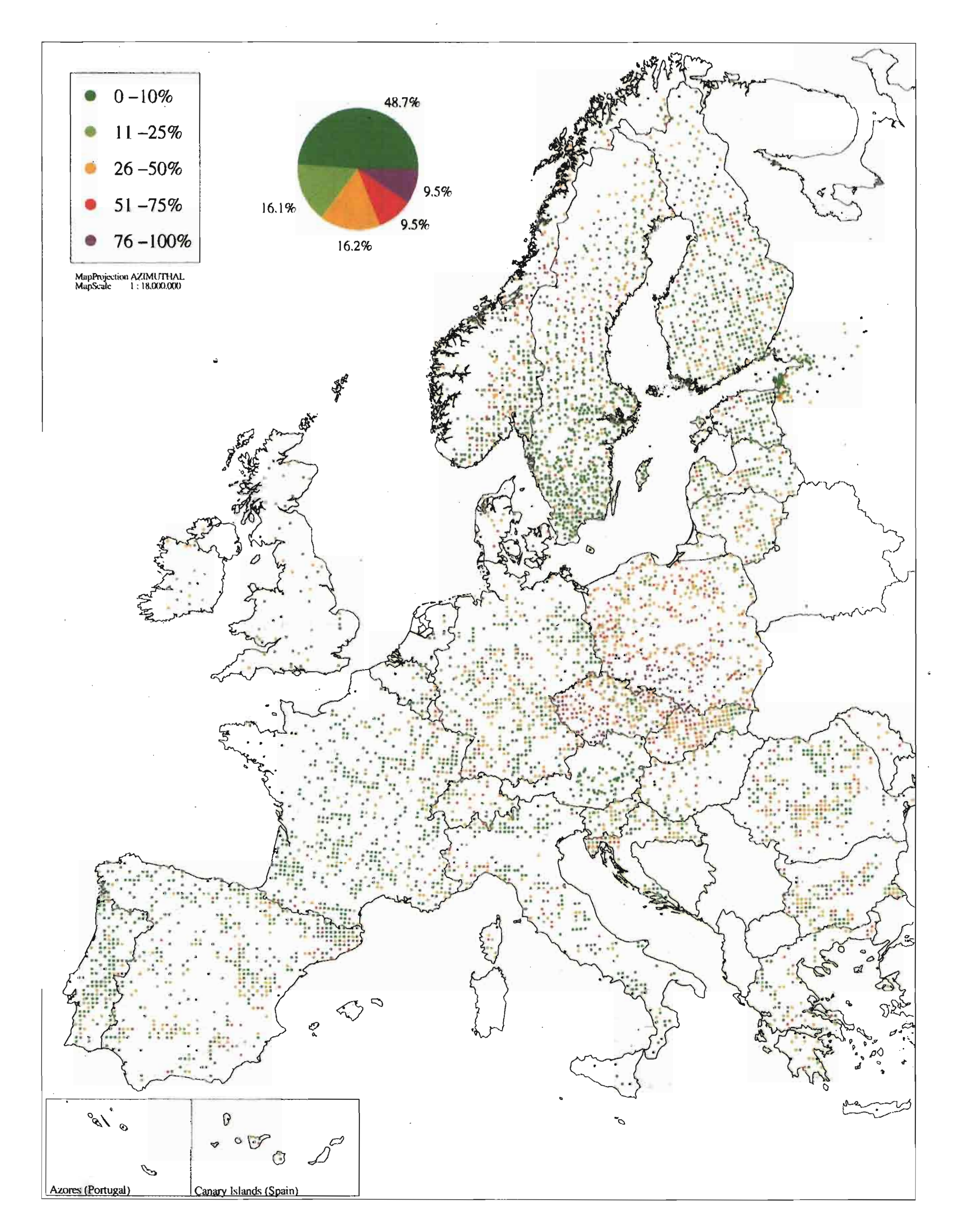
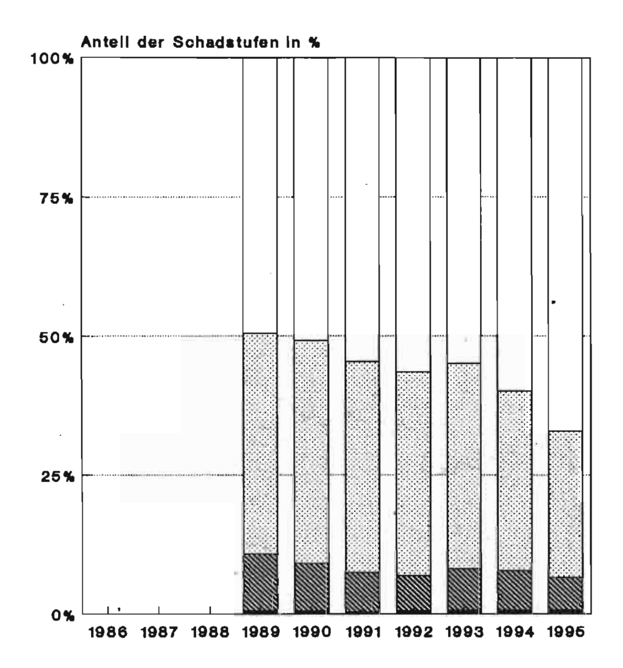


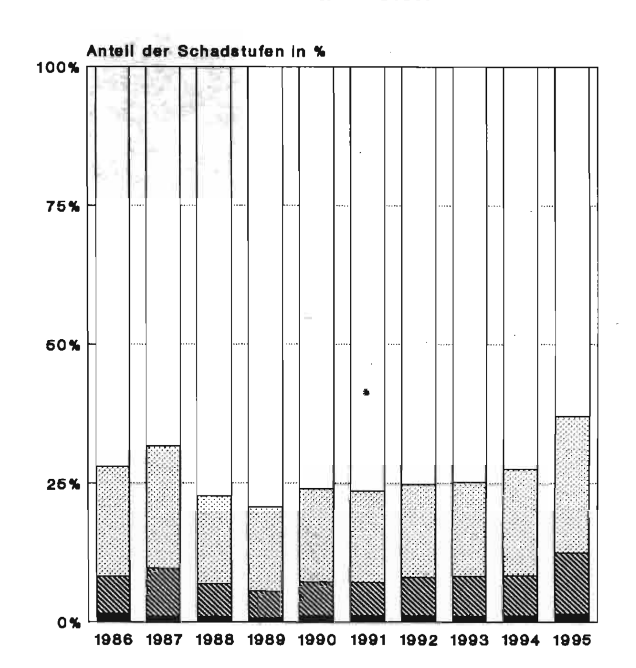
Abbildung 12

Entwicklung der Waldschäden in einigen Nachbarländern

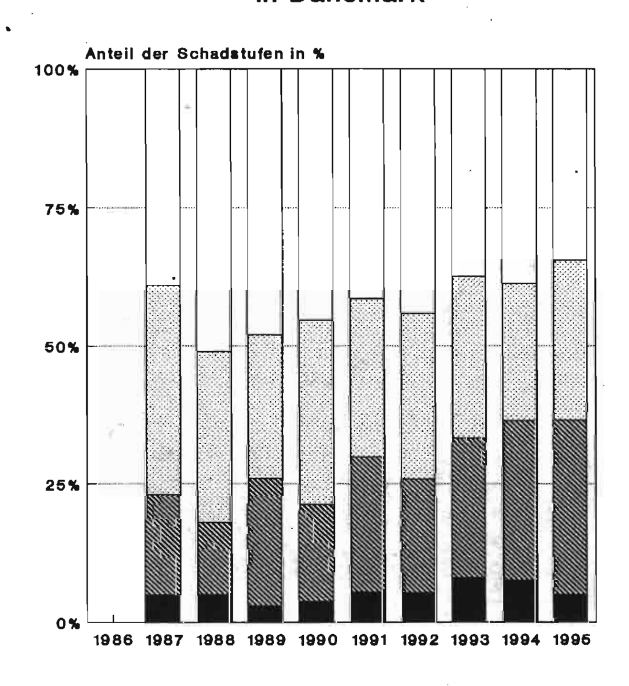
Entwicklung der Waldschäden in Österreich



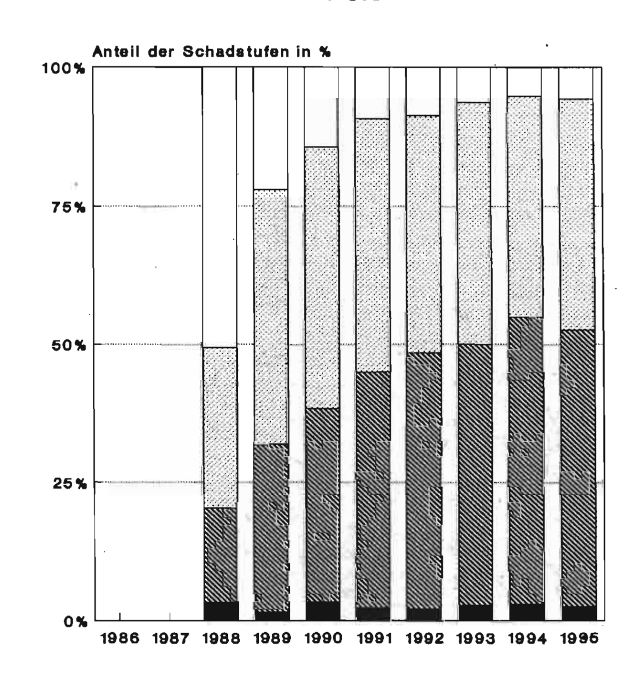
Entwicklung der Waldschäden in Frankreich



Entwicklung der Waldschäden in Dänemark



Entwicklung der Waldschäden in Polen



Schadstufen 3 + 4 Schadstufe 2
Schadstufe 1 Schadstufe 0

Zur weiteren Aufklärung der Ursache-Wirkungs-Beziehungen für die Neuartigen Waldschäden wurde in Europa ein Programm zum Waldschadensmonitoring auf Dauerbeobachtungsflächen eingerichtet (Level II-Programm) [7]). Demnach werden dort zusätzlich zum Kronenzustand u. a. auch der Bodenzustand erfaßt und Bodensickerwasser analysiert, Nadel-/Blattanalysen durchgeführt und der Zuwachs, die Depositionen, die Bodenvegetation sowie meteorologische Größen nach einem einheitlichen, abgestimmten Verfahren gemessen, so daß die Ergebnisse vergleichbar sind. Mittlerweile wurden in 28 europäischen Staaten 770 solcher Dauerbeobachtungsflächen eingerichtet. Davon entfallen auf Deutschland 86 Flächen (vgl. Kap. 5.3). Die Flächen sind vor allem mit Kiefern, Fichte, Buche und Stiel- bzw. Traubeneiche bestockt [8]).

Die Erkenntnisse aus diesem intensiven Waldschadensmonitoringprogramm in Europa werden einen wertvollen Beitrag zur Beurteilung und Bewertung von Waldökosystemen leisten und die Absicherung gesetzlicher Umweltqualitätsstandards überprüfen helfen. Somit ist dieses Dauerbeobachtungsflächenprogramm ein Instrument des vorsorgenden Umweltschutzes.

4. Ursachen der Neuartigen Waldschäden [9])

Ausgehend von dem starken Anstieg der Kronenverlichtung in den frühen 80er Jahren haben Bund und Länder im Rahmen des Aktionsprogrammes „Rettet den Wald" mit der Förderung einer umfangreichen Waldschadensforschung zur Untersuchung der Ursachen- und Wirkungsmechanismen der Neuartigen Waldschäden begonnen (vgl. hierzu auch Abschnitt 4.3). An der Forschungsarbeit zu diesem Problem waren viele Disziplinen der Wissenschaftsbereiche Biologie, Meteorologie, Geowissenschaften und Forstwissenschaften beteiligt. Der deutschen Forschung ist es in diesem relativ kurzen Zeitraum gelungen, wesentliche Fragen der Ursache-Wirkungsbeziehungen aufzuklären. Sie hat damit Grundlagen für umweltpolitische Entscheidungen erarbeitet.

Bei der Untersuchung der Neuartigen Waldschäden stellte es sich als außerordentlich schwierig heraus, tatsächlich durch menschliche Einflüsse verursachte Schäden eindeutig von natürlichen Schwankungen des Baumzustandes zu unterscheiden.

Die Neuartigen Waldschäden werden durch eine Vielzahl von biotischen und abiotischen Faktoren verursacht, die in der Summe und – an den jeweiligen Standorten – mit unterschiedlichem Gewicht zusammenwirken. Anthropogene Luftverunreinigungen aus Industrieanlagen, Kraftwerken, Verkehr, Haushalten, Kleinverbrauch und Landwirtschaft spielen eine Schlüsselrolle. Es handelt sich dabei hauptsächlich um Schwefeldioxid (SO_2), Stickstoffoxide (NO_x) und Ammoniak (NH_3). Sie und ihre Umsetzungsprodukte (z. B. Ozon) wirken auf zweifache Weise auf die Bäume: einerseits direkt auf die oberirdischen Pflanzenorgane, andererseits indirekt über den Eintrag von Säuren, Sulfat, Nitrat und Ammonium in den Boden.

Die Vielfalt der Zusammenhänge und die räumlich sehr stark wechselnden Standorts-, Bestandes-, Bewirtschaftungs- und Belastungsfaktoren führen an Bäumen sowie an den Waldökosystemen zu unterschiedlichen Schadsymptomen und -verläufen.

Hypothesen, daß die Neuartigen Waldschäden ausschließlich durch Schädlinge oder pathogene Mikroorganismen (z. B. Pilze, Viren, Bakterien) verursacht würden, erwiesen sich als nicht haltbar. Obwohl zur Lebensgemeinschaft der Waldökosysteme eine Vielzahl von auch pathogenen Mikroorganismen gehört, konnten keine gefunden werden, auf die das Phänomen der Waldschäden ursächlich zurückgeführt werden kann. Auch elektromagnetische Wellen konnten als Ursache der Neuartigen Waldschäden wissenschaftlich nicht nachgewiesen werden.

Einseitiger Waldaufbau, wie etwa bei Monokulturen, ist nicht ursächlich für Neuartige Waldschäden verantwortlich zu machen. Streßsituationen können jedoch überall dort entstehen, wo die Ansprüche der Bäume und die Eigenschaften des Standorts nicht zusammenpassen. Das kann sowohl bei Rein- als auch bei Mischbeständen der Fall sein.

Bei der Betrachtung von Monokulturen muß man deren Entstehungsgeschichte berücksichtigen. Nach großflächigen Waldzerstörungen (z. B. in den Notzeiten der Kriegs- und Nachkriegsjahre) waren Aufforstungen als Fichten- oder Kiefernreinbestände oft das einzige Mittel für eine Wiederbewaldung. Reinbestände können sich auch von Natur aus entwickeln; naturnahe Buchenwälder und Kiefernwälder auf armen trockenen Standorten sind Beispiele dafür.

---

[7]) Vgl. Verordnung Nr. 1091/94 der Europäischen Kommission sowie „Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests" (3rd edition, 1994, UN/ECE)

[8]) Weitere Informationen können folgenden Veröffentlichungen entnommen werden:
- General information on the permanent observation plots in Europe (Brussels, Januar 1996)
- Basic documents for implementation of the intensive monitoring programme (Brussels, 1995)
- Dauerbeobachtungsflächen zur Umweltkontrolle im Wald (Bonn, 1995)

[9]) Weitere Informationen zu diesem Themenbereich enthält die Broschüre des Bundesministeriums für Forschung und Technologie: „10 Jahre Waldschadensforschung – Bilanz und Ausblick", 1992.

4.1 Oberirdischer Wirkungspfad: Einwirkung von Schadgasen auf die Blattorgane

Unter dem oberirdischen Wirkungspfad wird die direkte Einwirkung von Schadgasen auf oberirdische Pflanzenteile verstanden. Diese Gase dringen v. a. über die Spaltöffnungen (Stomata) der Blattorgane in die Pflanzen ein.

- **Schwefeldioxid** (SO_2) verursacht Beeinträchtigungen der Photosynthese, die zu Nadel-/Blattschäden führen können. Die Stärke der Schäden hängt von Höhe und Einwirkungsdauer der Konzentrationen sowie von Ernährungszustand und Vitalität des Baumes ab. Die von extrem hohen SO_2-Emissionen aus sächsischen Industrieanlagen bereits im 19. Jahrhundert verursachten Schäden gingen als sog. „Rauchgasschäden" oder „Rauchschäden" in die Literatur ein. In den alten Ländern werden direkte Schadwirkungen von SO_2 (im Sinne der Rauchschäden) heute allenfalls noch in Ausnahmefällen beobachtet. In den neuen Ländern sind sie jedoch – v. a. im Erzgebirge – noch vorhanden.

  Aber auch in geringen Konzentrationen bleibt SO_2 nicht ohne Wirkung. Von Bedeutung ist dabei insbesondere seine Wechselwirkung mit anderen Prozessen. Zum Beispiel fördert das als Ammoniumsulfat auf den Nadel-/Blattoberflächen abgesetzte SO_2 Nährstoffungleichgewichte in der Pflanze.

- **Stickstoffoxiden** (NO_x) kommt bei den Neuartigen Waldschäden eine besondere Bedeutung zu. Einerseits sind sie eine wichtige Vorläufersubstanz für bodennahes, pflanzenschädigendes Ozon[10]). Andererseits wirken sie auf Pflanzen bzw. Bäume auch direkt ein: Die Pflanze nimmt NO_x über ihre Blattorgane auf und nutzt den darin enthaltenen Stickstoff als Nährstoff. Akute Beeinträchtigungen der Photosynthese durch NO_x treten jedoch erst bei sehr hohen Konzentrationen auf, wie sie in Waldgebieten kaum vorkommen. Die NO_x wirken somit i. d. R. wie „Blattdünger". Das dadurch angeregte Pflanzenwachstum erhöht den Bedarf an anderen Nährstoffen. Auf vielen Waldstandorten stehen diese für ein verstärktes Pflanzenwachstum notwendigen Nährstoffe (insbes. Magnesium) jedoch nicht ausreichend zur Verfügung, so daß die Aufnahme von NO_x dann zu Nährstoffungleichgewichten und sog. induziertem Nährstoffmangel führt. Die Folge der Stickstoffeinträge ist – trotz eines gesteigerten Holzzuwachses – eine höhere Anfälligkeit der Bäume gegen andere Streßfaktoren (z. B. Trockenheit, Fröste) und Schadeinwirkungen (z. B. durch Immissionen, Pilze, Insekten).

- **Ammoniak** (NH_3) wirkt – wie NO_x – bei geringen Konzentrationen wachstumsfördernd auf Pflanzen. Dabei trägt es ebenfalls zur Entstehung von Nährstoffungleichgewichten bis hin zum Nährstoffmangel und zu erhöhter Anfälligkeit der Bäume gegen Streßfaktoren bei. Höhere Konzentrationen hemmen die Photosynthese, sehr hohe Konzentrationen schädigen Blattorgane. NH_3 ist äußerst reaktionsfreudig, so daß sich ca. 30% des emittierten NH_3, je nach atmosphärischen Bedingungen ein noch wesentlich größerer Prozentsatz, in der Luft innerhalb einer Stunde zu Ammoniumverbindungen (NH_4) umwandeln, die dem Ferntransport unterliegen. Ammoniak tritt daher vorwiegend im Nahbereich von Emittenten auf.

- **Flüchtige organische Verbindungen** (VOC, z. B. Propan, Benzol, Formaldehyd, Aceton) sind – wie NO_x – einerseits teilweise Vorläufersubstanzen für bodennahes Ozon. Andererseits können auch sie direkte Wirkungen an Pflanzen verursachen: So wurde z. B. in geschädigten Bäumen die Anreicherung von Trichloressigsäure (einer Verbindung, die den Stoffwechsel beeinträchtigt) festgestellt. Angesichts der Vielzahl der den VOC zuzurechnenden Verbindungen sind noch Fragen offen.

- **Bodennahes Ozon** (O_3) entsteht unter Einfluß von ultravioletter Sonnenstrahlung aus NO_x und VOC. Auch Ozon beeinträchtigt die Photosynthese und führt darüber hinaus zu weiteren Wirkungen an Pflanzen: So konnte ein „Ozongedächtnis" nachgewiesen werden, d. h. Nadeln, die einer erhöhten Ozonkonzentration ausgesetzt waren, zeigen im Folgejahr eine erhöhte Ozon-Empfindlichkeit. Außerdem gibt es Hinweise, daß Ozoneinwirkung während der Vegetationsperiode im Folgejahr zu einer höheren Empfindlichkeit gegen Frosttrocknis führt.

4.2 Unterirdischer Wirkungspfad: Eintrag von Schadstoffen in den Waldboden

Unter dem unterirdischen Wirkungspfad wird die durch den Eintrag von Schadstoffen in den Waldboden verursachte Schädigung von Waldökosystemen verstanden.

Die Bäume kämmen aufgrund der großen Oberfläche ihrer Kronen Luftschadstoffe aus der Atmosphäre aus. Die Schadstoffeinträge (Depositionen) in Wälder sind daher unter Laubbaumbeständen 1,5- bis 2-mal, unter Fichtenbeständen bis zu 3- bis 4-mal so hoch wie die im Freiland gemessenen Werte (vgl. Abschnitt 5.1.4).

Die Waldschadensforschung hat gezeigt, daß den Schadstoffdepositionen eine besondere Bedeutung zukommt. So klingt die oberirdische Wirkung von Schadgasen im allgemeinen nach einer Abnahme der Konzentrationen rasch ab. Beim unterirdischen Wirkungspfad dagegen reichern sich Schadstoffe im Laufe der Jahre im Boden an und führen zu Veränderungen der Stoffgehalte, der Puffer- und Sorptionsfähigkeit sowie des Bodenlebens. Auch wenn die weitere Deposition von Schadstoffen vermindert wird, bleibt die Wirkung der bereits eingetragenen noch längere Zeit erhalten oder zum Teil irreversibel.

Für die Waldböden sind v. a. versauernde und düngende Wirkungen von Stoffeinträgen von Bedeutung:

[10]) Hiermit ist die Einwirkung des Ozons in den bodennahen Luftschichten auf die Pflanzen gemeint, nicht aber die schwindende Schutzwirkung des Ozons in der Stratosphäre gegen die pflanzenschädigende UV-Strahlung („Ozonloch").

– **Säureeinträge:** Insbesondere die Einträge von Sulfatschwefel, Nitrat- und Ammoniumstickstoff führen zu erheblichen Säurebelastungen in den Waldböden (vgl. Abschnitt 5.1.4). Die wesentliche Wirkung dieser Einträge ist die anhaltende Versauerung der Böden und damit teilweise auch des Grund- und Quellwassers. Mit der Versauerung einher geht die Auswaschung von Nährstoffen (insbesondere von Kalzium, Magnesium und Kalium). Dadurch kommt es zu Nährstoffungleichgewichten, Nährstoffmangel und zu einer Destabilisierung der betroffenen Waldökosysteme. Gleichzeitig werden toxische Metallverbindungen freigesetzt, wie z. B. Aluminium-Ionen, die für Wurzelschäden insbesondere im Unterboden verantwortlich gemacht werden. Als Folge der Säureeinträge verlagern die Bäume ihre Wurzelaktivität in die oberen Bodenhorizonte. Sie werden damit anfälliger gegen Trockenheit, Sturm und Nährstoffmangel.

– **Stickstoffeinträge:** Bis zur Mitte dieses Jahrhunderts begrenzte Stickstoffmangel auf vielen Waldstandorten das Pflanzenwachstum. Auf diesen mit Stickstoff unterversorgten Standorten haben die Einträge von Nitrat und Ammonium zunächst das Pflanzenwachstum angeregt. Anhaltende Stickstoffeinträge führen jedoch auf mit anderen Nährstoffen schwach versorgten Standorten zu Nährstoffungleichgewichten und erhöhen so die Anfälligkeit der Bäume gegen andere Schadfaktoren. Ein überhöhtes Stickstoffangebot kann z. B. die Frostempfindlichkeit der Bäume erhöhen. Außerdem kann es die Nahrungsqualität für blatt-/nadelfressende Insekten verbessern und damit deren Massenvermehrung begünstigen.

Als Folge eines hohen Stickstoffangebots kann sich die Bodenvegetation eines Waldes verändern: Pflanzen, die nur wenige Nährstoffe benötigen – z. B. Heidelbeere – werden durch nährstoffliebende Pflanzen verdrängt. Es bildet sich eine besonders vitale grasreiche Bodenvegetation und eine üppige Strauchschicht Zum einen ändern sich dadurch die Nahrungsnetze von Pflanzen und Tieren – mit noch nicht absehbaren Folgen. Zum anderen kann die üppige Bodenvegetation Regenwasser abfangen und verdunsten und so die für die Bäume verfügbaren Niederschlagsmenge verringern. Dies kann letztlich ganze Waldbereiche erheblich beeinträchtigen, wie dies für niederschlagsarme Kiefernstandorte Norddeutschlands festgestellt wird.

Nitrat und Ammonium sind außerdem an der Versauerung der Waldböden beteiligt. Nitrat, das auch bei der Umsetzung von Ammonium entsteht, kann aus dem Boden ausgewaschen werden und dabei andere Pflanzennährstoffe wie Kalium, Kalzium und Magnesium mitführen (Nährstoffverarmung). Dies trägt zur Eutrophierung (Überdüngung) von Oberflächengewässern mit Nitrat bei. Außerdem können im Grundwasser, der für Deutschland bedeutendsten Trinkwasserressource, Nitratkonzentrationen entstehen, die zusätzliche Aufbereitungsmaßnahmen erforderlich machen, um eine den Anforderungen der Trinkwasserverordnung entsprechende Wasserqualität zu erreichen.

Überhöhte Stickstoffkonzentrationen in Waldböden können zu einer Abgabe des gasförmigen Distickstoffmonoxids (N_2O, Lachgas) aus dem Boden führen, da die Boden-Mikroorganismen die Umwandlung des Nitrats im Boden zu molekularem Stickstoff dann nur noch unvollständig leisten können. Lachgas ist ein sehr problematisches Spurengas, das in der Atmosphäre die Ozonschicht zerstört.

Mit dem überhöhten Eintrag von Stickstoffverbindungen in Wälder werden somit die unterschiedlichsten chemischen und biologischen Wirkungen ausgelöst, die überwiegend negativ zu bewerten sind.

4.3 Zusammenfassende Bewertung der Forschungsergebnisse

Die Waldschadens- und Waldökosystemforschung zeigt, daß die Wälder nach wie vor erheblichen Belastungen, vor allem durch Luftschadstoffe aus dem In- und Ausland, ausgesetzt sind.

Schadstoffe werden mit der Luft zum Teil sehr weit transportiert. Sie wirken nicht nur direkt auf Pflanzen, Tiere und Menschen, sondern verändern bereits in vielen Gebieten die Bodenverhältnisse und lösen damit Folgewirkungen (z. B. auf die Grundwasserqualität) aus. Sie verursachen in den Waldökosystemen erhebliche Veränderungen, die jedoch zunächst unsichtbar bleiben können. Die Schadstoffe reichern sich im Boden an und bleiben dort über längere Zeit wirksam, auch wenn keine weitere Deposition mehr stattfände.

Schwerwiegend sind in diesem Zusammenhang insbesondere Nährstoffverluste und Versauerungseffekte im Waldboden, Veränderungen in der Wurzeltracht der Bäume, Nitrat- und Schwermetallbelastungen im Wasser sowie Verschiebungen im Artenspektrum bis hin zur Artenverarmung.

Stickstoffeinträge können neben den oben beschriebenen Auswirkungen auch wachstumsfördernde Effekte haben. Viele Wälder wachsen heute selbst bei verringerter Nadel-/Blattmasse stärker als noch vor 50 Jahren. So wurde bei der Abschätzung des potentiellen Rohholzaufkommens in Deutschland bis zum Jahre 2020[11]) ein durchschnittlicher Holzzuwachs von rd. 9 Vfm/ha angesetzt. Dieser Wert erscheint hoch, dürfte jedoch den tatsächlichen Verhältnissen entsprechen.

Die Größenordnung der jährlichen Stickstoffeinträge (vgl. Abschnitt 5.1.4) überschreitet auf den meisten Standorten jedoch den Stickstoffverbrauch durch die Wälder bei weitem. Durch die fortgesetzt hohen Stickstoffeinträge sind bereits viele Waldökosysteme nicht mehr in der Lage, den von außen zugeführten

[11]) Das potentielle Rohholzaufkommen in Deutschland bis zum Jahre 2020, BML-Fachbroschüre, Bestell-Nr. 613-16/96

Stickstoff in ihren Kreislauf einzubauen. Folglich geben sie den Überschuß wieder ab, bei ausreichenden Niederschlägen u. a. als Nitrat in das Grundwasser (Beeinträchtigung der Rohwasserqualität). Dabei führen Nährstoffauswaschung und Bodenversauerung zu den schon erwähnten Nährstoffungleichgewichten, was zusätzlich zur Destabilisierung der Waldökosysteme beiträgt. Bei geringen Niederschlägen, wie z. B. im nordostdeutschen Tiefland, akkumulieren die Stickstoffeinträge in den Waldökosystemen, wodurch die Nährstoff- und damit die Vegetations- und Ökosystemverhältnisse gefährlich verändert werden.

Auch dies belegt die Notwendigkeit zur weiteren Verminderung von Schadstoffemissionen, insbesondere von Stickstoffverbindungen.

Die früheren pessimistischen Prognosen einiger Wissenschaftler vom raschen und großflächigen Sterben unserer Wälder sind allerdings nicht eingetroffen. In diesem Sinne hat sich auch der Sachverständigenkreis „Waldschadensforschung/Waldökosysteme" des Bundesforschungsministeriums 1993 geäußert. Zum einen betont er die weiterhin zu hohe Belastung der Waldökosysteme durch Luftschadstoffe. Zum anderen warnt er aber vor übertriebener Schwarzmalerei und führt hierzu aus:

„Unter Berücksichtigung der großen Zeiträume, in denen das Ökosystem Wald auf Veränderungen der Umwelt – auch auf positive Veränderungen wie abnehmenden Schadstoffeintrag – reagiert, kann man mit einer sicher nicht kurzfristigen, aber noch mittelfristigen Verbesserung des Gesundheitszustands der Wälder rechnen. Das großflächige Absterben ganzer Waldregionen, wie es der Begriff „Waldsterben" unterstellt, wird heute von der Wissenschaft auch für die Zukunft nicht befürchtet.

Dies schließt nicht aus, daß z. B. in den Hochlagen der Mittelgebirge ein Rückgang des Waldes stattfindet.

Die Voraussetzung für diese Beurteilung ist allerdings das andauernde und erfolgreiche Bemühen um eine weitere Entlastung unserer Wälder von den Schadeinflüssen unserer Industrie- und Agrargesellschaft."

Die vorliegenden Datenreihen scheinen diese Prognose für die Nadelbaumarten zu bestätigen. Für die Baumarten Buche und Eiche allerdings zeichnet sich noch keine Besserung ab.

5. Maßnahmen gegen die Neuartigen Waldschäden

Zur Bekämpfung der Neuartigen Waldschäden hat die Bundesregierung bereits 1983 das Aktionsprogramm „Rettet den Wald" beschlossen. Zu den wesentlichen Elementen zählen

- eine konsequente Politik der Luftreinhaltung auf nationaler und internationaler Ebene,
- die Förderung flankierender forstlicher Maßnahmen (Bodenschutzkalkung, Vor-/Unterbau und Wiederaufforstung) im Rahmen der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes",
- die Förderung einer interdisziplinären Waldschadens- und Waldökosystemforschung durch Bund und Länder,
- die Überwachung der Neuartigen Waldschäden durch jährliche Erhebungen sowie
- Maßnahmen zur Erhaltung der forstlichen Genressourcen.

5.1 Luftreinhaltung

5.1.1 Nationale Maßnahmen zur Minderung der Emissionen

Die Minderung der Schadstoffemissionen ist eine zentrale und vorrangige Aufgabe der Umweltpolitik der Bundesregierung [12]). Sie folgt hierbei dem Prinzip der Umweltvorsorge sowie dem Verursacher- und dem Kooperationsprinzip. Weitere Fortschritte in der Luftreinhaltung erfordern die Nutzung des gesamten umweltpolitischen Instrumentariums.

Die wichtigste **Rechtsgrundlage** für Maßnahmen zur Luftreinhaltung ist das Bundes-Immissionsschutzgesetz von 1974, zuletzt geändert 1995. Es ist Grundlage u. a. für wesentliche anlagenbezogene Rechts- und Verwaltungsvorschriften:

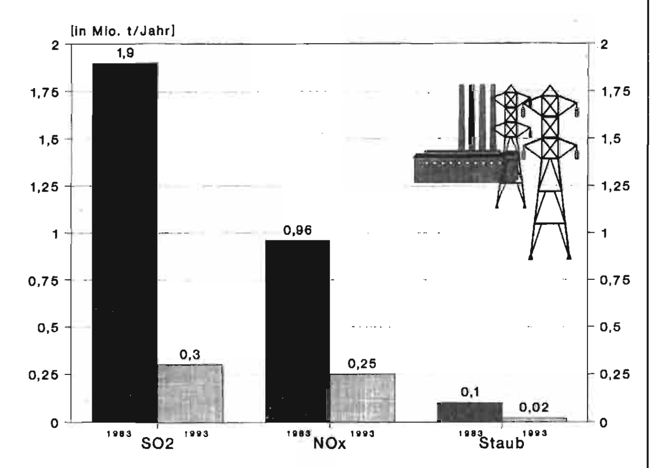
- Verordnung über Großfeuerungsanlagen (13. BImSchV, 1983) vgl. Abb. 13 und 14,
- Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (1986),
- Kleinfeuerungsanlagen-Verordnung (1988, zuletzt geändert 1994),
- Verordnung zur Emissionsbegrenzung von leichtflüchtigen Halogenkohlenwasserstoffen (1990, zuletzt geändert 1991),
- Verordnungen zur Emissionsbegrenzung von Kohlenwasserstoffen beim Umfüllen und Lagern von Ottokraftstoffen sowie bei der Betankung von Kraftfahrzeugen (1992).

[12]) Stand und Entwicklung der Emissionen und die Maßnahmen der Bundesregierung sind im Sechsten Immissionsschutzbericht der Bundesregierung (Hrsg.: Bundesumweltministerium, PF 120629, 53048 Bonn) beschrieben

Abbildung 13

Rückgang der Emissionen aus Großfeuerungsanlagen in den alten Ländern von 1983) bis 1993) (in Mio. t/Jahr)

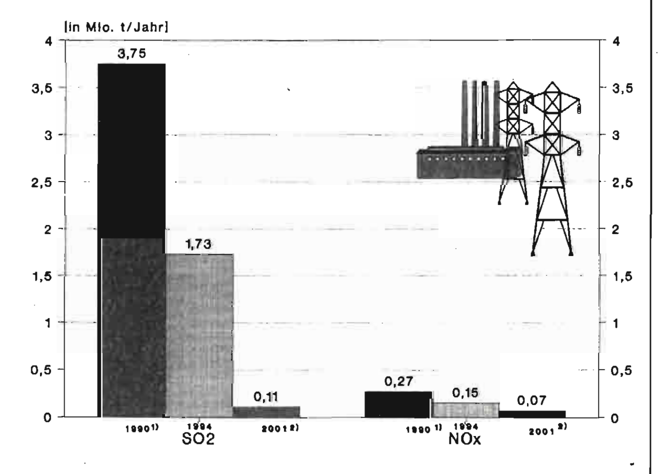
Die Angaben für 1993 beruhen auf einer Schätzung des Umweltbundesamtes



Bis zum Ablauf der Nachrüstungsfrist für Altanlagen wurden von den Unternehmen in den alten Ländern ca. 22 Mrd.. DM für Umweltschutzinvestitionen in den Bereichen Entschwefelungs- und Entstickungsmaßnahmen ausgegeben und damit die SO_2-Emissionen um 84%, die NO_x-Emissionen um 74% und die Staubemissionen um 80% verringert.

Abbildung 14

Rückgang der Emissionen aus Großfeuerungsanlagen in den neuen Ländern von 1990 *) bis 2001 **) (in Mio. t/Jahr)



*) Übernahme des Umweltrechts durch die neuen Länder
**) Abschluß der Altanlagenregelung in den neuen Ländern
[1]) Quelle: Daten zur Umwelt 1992/93; Hrsg.: Umweltbundesamt, Berlin, 1994
[2]) Schätzung des Umweltbundesamtes.

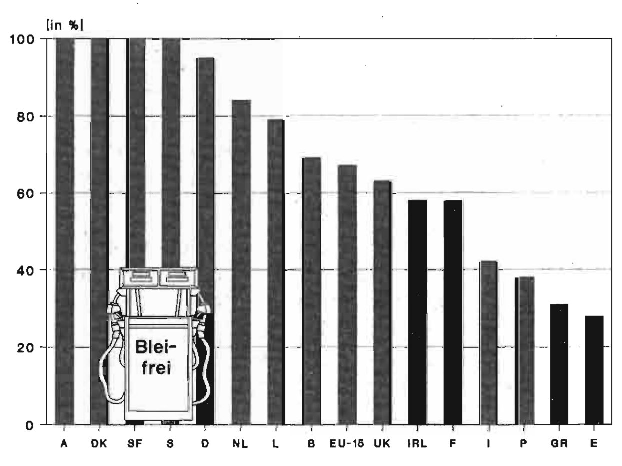
Die wichtigsten **Schritte** zur Minderung der verkehrsbedingten Umweltbelastungen:

1985 wurde das bleifreie Benzin eingeführt.

- Von 1985 bis 1992 wurde der schadstoffarme Pkw durch steuerliche Anreize gefördert; dies hat zu beachtlichen Erfolgen geführt. Inzwischen sind rund 65% aller zugelassenen Pkw mit Ottomotor mit einem geregelten Dreiwegekatalysator ausgerüstet und etwa 90% des gesamten Pkw-Bestandes (mit Otto- oder Dieselmotor) schadstoffreduziert (d. h. schadstoffarm bzw. bedingt schadstoffarm).
- 1988 wurde verbleites Normalbenzin verboten.
- Seit Januar 1993 müssen EU-weit alle neu zugelassenen Pkw mit Ottomotor strenge Abgasnormen erfüllen (1. Stufe des Stufenplans der europäischen Abgasgesetzgebung für alle Kfz). Hierzu ist derzeit bei Pkw mit Ottomotor grundsätzlich die Ausstattung der Fahrzeuge mit dem geregelten Dreiwegekatalysator erforderlich. Die 2. Stufe des Stufenplanes gilt ab 1997 und wird in Deutschland bei Neufahrzeugen vielfach bereits umgesetzt.

Abbildung 15

Anteil bleifreien Benzins am Gesamtabsatz von Ottokraftstoff in ausgewählten Ländern der Europäischen Union 1995



Eng verbunden mit dem steigenden Anteil schadstoffarmer Autos ist der Absatz von bleifreiem Ottokraftstoff. Obwohl der Absatz in den neuen Ländern erst im Juli 1990 (Währungsunion) begann, liegt er dort seit etwa 1992 auf dem gleichen Niveau wie in den alten Ländern. In Deutschland waren im Juni 1996 etwa 96% der verbrauchten Ottokraftstoffe bleifrei. Dadurch konnten die Bleiemissionen aus dem Verkehr deutlich verringert werden. Auch das bedeutet eine Entlastung für die Waldökosysteme.

- Seit Oktober 1993 gelten in der EU deutlich verschärfte Abgasnormen für Lkw; sie sind in der 2. Stufe des o. g. Stufenplans, die am 1. Oktober 1996 in Kraft getreten ist, weiter verschärft.
- Seit Dezember 1993 gilt die Abgasuntersuchung (AU) – mit wenigen Ausnahmen für bestimmte

Spezialfahrzeuge – für alle Pkw und Nutzfahrzeuge.

- Im März 1994 hat der Bundesrat der von der Bundesregierung vorgelegten Verordnung nach § 40 Abs. 2 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes mit Maßgaben zugestimmt. Darin sind Konzentrationswerte für Stickstoffdioxid, Benzol und Ruß in der Luft für bestimmte Straßen und Gebiete festgelegt. Beim Erreichen dieser Konzentrationswerte sind die zuständigen Behörden gehalten zu prüfen, ob verkehrsbeschränkende Maßnahmen in diesen Gebieten oder auf diesen Straßen unter Berücksichtigung der Verkehrsbedürfnisse und der städtebaulichen Belange zur Verminderung schädlicher Einwirkungen auf die Umwelt notwendig sind. Eine Allgemeine Verwaltungsvorschrift mit bindenden Vorgaben für die Ermessensausübung durch die Straßenverkehrsbehörden zur Durchführung vor Ort wird zur Zeit vorbereitet. Die Verordnung und die Allgemeine Verwaltungsvorschrift sollen zusammen verkündet werden.

- Im April 1994 wurde eine emissionsbezogene Kfz-Steuer für Lkw über 3,5 t und im Januar 1995 eine zeitbezogene Autobahnbenutzungsgebühr für Lkw über 12 t eingeführt.

- Im Juli 1995 ist das sogenannte „Ozongesetz"[13]) in Kraft getreten. Damit gibt es ein bundesweit einheitliches Handlungskonzept zur Bekämpfung sommerlicher Ozon-Spitzenwerte. Deutschland ist der erste Staat weltweit, in dem bei Erreichen besonders hoher Ozonkonzentrationen großräumige Fahrverbote für stark emittierende Kraftfahrzeuge in Kraft treten. Großräumige Fahrverbote führen nach den vorliegenden Erkenntnissen zu Entlastungen bei Ozon-Spitzenwerten und wirken dem weiteren Anstieg der Ozonwerte in gesundheitlich bedenkliche Bereiche entgegen.

- Ab Oktober 1995 ist der Mineralölsteuersatz auf Erd- und Flüssiggas als Kraftstoff um rund 60% auf 18,70 DM/Megawattstunde bei Erdgas und 24,1 DPf/Kilogramm bei Flüssiggas gesenkt worden. Damit werden die Rahmenbedingungen für diese schadstoffarmen Kraftstoffe deutlich verbessert.

- Ab Oktober 1996 ist EU-weit schwefelarmer Dieselkraftstoff mit max. 0,05 Gew.% Schwefel eingeführt worden. Um dies am deutschen Markt zu beschleunigen, ist am 28. Januar 1994 die neue Kraftstoffqualitätsverordnung in Kraft getreten, durch die eine optionale Auszeichnung von schwefelarmem Dieselkraftstoff bereits zum 1. Oktober 1994 möglich wurde. Die Umstellung auf schwefelarmen Dieselkraftstoff wurde bis zum Herbst 1995 weitgehend abgeschlossen.

Durch diese Maßnahmen konnte u. a. eine dem gestiegenen Verkehrsaufkommen entsprechende Zunahme der Emissionen verhindert und eine Trendwende eingeleitet werden.

Zur Begrenzung bzw. weiteren Verringerung der verkehrsbedingten Schadstoffemissionen werden darüber hinaus auch folgende Maßnahmen der Bundesregierung beitragen:

- Derzeit befindet sich die emissionsorientierte Neugestaltung der Kfz-Steuer für Pkw im Gesetzgebungsverfahren. Sie soll am 1. Januar 1997 in Kraft gesetzt werden.

- Der Bundesverkehrswegeplan (BVWP) 1992 hat eine stärkere ökologische Orientierung in der Verkehrspolitik eingeleitet: Erstmalig liegen die Investitionen des Bundes für die Schiene höher als die für die Bundesfernstraßen. Die für die umweltfreundlicheren Verkehrsträger Schiene und Wasserstraße vorgesehenen Investitionen erreichen damit 55%. Außerdem entfallen von den 17 „Verkehrsprojekten deutsche Einheit" neun auf Eisenbahnbaumaßnahmen, eine auf Wasserstraßenbau und sieben auf Straßenbaumaßnahmen. Vor allem aus Gründen des Umweltschutzes fördert die Bundesregierung den Ausbau des Kombinierten Verkehrs (KV) Straße/Schiene bzw. Bundeswasserstraße/Schiene. Er ist ein Beispiel für eine effiziente Kooperation bzw. Vernetzung der Verkehrsträger im Güterverkehr und gleichzeitig ein wesentliches Element zur Verlagerung eines Teils des Straßengüterfernverkehrs auf die Schiene. Der Bund stellt auf der Grundlage des Bundesschienenwegeausbaugesetzes für den Neu- bzw. Ausbau von Umschlagterminals des KV zinslose Darlehen bzw. Baukostenzuschüsse zur Verfügung. Hierfür sind im vordringlichen Bedarf des BVWP 1992 insgesamt 4,1 Mrd. DM für den Zeitraum bis zum Jahr 2012 genannt, vorbehaltlich insbesondere einer Gesamtoptimierung der Umschlaganlagen des KV. Darüber hinaus unterstützt die Bundesregierung die Entwicklung des KV durch ordnungs- und steuerpolitische Maßnahmen.

- Das Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetz (GVFG) stellt den Ländern erhebliche Finanzmittel zur Verbesserung der Verkehrsverhältnisse in den Gemeinden zur Verfügung. In den Jahren 1993 bis 1996 sind jährlich 6,28 Mrd. DM für Fördermaßnahmen nach dem GVFG vorgesehen. Zum wesentlichen Teil kommen diese Mittel Investitionen zur Verbesserung des öffentlichen Personennahverkehrs zugute.

- Die Bundesregierung fördert den verstärkten Einsatz moderner Informations-, Leit- und Kommunikationssysteme im Verkehr (Telematik) und hat hierfür zusammen mit Industrie und Verkehrswirtschaft ein gemeinsames Vorgehen vereinbart. Dabei wird von dem Einsatz der Telematik ein hoher Beitrag zur Lösung der Verkehrs- und Umweltprobleme erwartet. Telematik trägt dazu bei, die gesamte Verkehrsinfrastruktur effizienter zu nutzen, Verkehrsmittel besser auszulasten, Verkehrsträger stärker zu verknüpfen und zu vernetzen und dadurch attraktive Anreize zur Verlagerung von Verkehr vor allem von der Straße auf umweltfreundlichere Verkehrsmittel bis hin zur Verkehrsvermeidung (z. B. durch Reduzierung der Leerfahrten) zu schaffen. Die Nutzung von Telematikanwendungen einschließlich der geplanten automatischen Gebührenerhebung für schwere Lkw wird damit insgesamt zur Senkung umweltrelevanter Emissio-

[13]) §§ 40a–40f Bundesimmissionschutzgesetz

nen, vor allem auch der CO_2-Emissionen, und zur Erhöhung der Verkehrssicherheit führen.

Neben dem Anlagen- und dem Verkehrsbereich ist die Landwirtschaft eine weitere wesentliche Quelle von umweltrelevanten und die Wälder belastenden Emissionen. Vor allem ihre Ammoniak-Emissionen tragen in einigen Gebieten erheblich zum Entstehen von Waldschäden bei. Allerdings haben die Emissionen aus der Landwirtschaft aufgrund einer stärkeren Orientierung der Agrarpolitik an Belangen des Umweltschutzes abgenommen und werden voraussichtlich weiter abnehmen. Dabei sind folgende Maßnahmen von Bedeutung:

- Im Zuge der **Reform der gemeinsamen Agrarpolitik** der Europäischen Gemeinschaften 1992 wurden wichtige Korrekturen zugunsten des Umweltschutzes vorgenommen.

  = Durch Preissenkungen bei Getreide, Ölsaaten und Hülsenfrüchten, die durch eine Flächenprämie ausgeglichen werden, sowie durch die umweltverträglich gestaltete Flächenstillegung hat die Intensität in der Bodenproduktion, insbesondere der Einsatz von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln abgenommen.

  = Die Prämienregelung für männliche Mastrinder und Mutterkühe wirkt ebenfalls in Richtung einer extensiven emissionsärmeren Produktion. So ist die Zahl der Tiere, für die eine Prämie gezahlt wird, auf eine Besatzdichte von 2,0 GV[14])/ha Futterfläche ab 1996 begrenzt. Bei besonders extensiver Tierhaltung (weniger als 1,4 GV/ha) wird je Prämie ein Extensivierungszuschlag gezahlt.

  = Die einzelbetriebliche Investitionsförderung vermindert waldschädigende Emissionen durch die Förderung von Maßnahmen im Stall (z. B. Fütterungs- und Lüftungstechnik) sowie durch die Förderung von Maßnahmen bei der Lagerung und Ausbringung von Fest- und Flüssigmist wie Behälterabdeckung oder bodennahe Flüssigmistausbringung.

- Im Rahmen der **flankierenden Maßnahmen** zur Agrarreform der EU[15]) wurde u. a. die Möglichkeit eröffnet, umweltgerechte landwirtschaftliche Produktionsverfahren gezielt zu fördern. In Deutschland werden diese Maßnahmen umgesetzt durch

  = die Agrarumweltprogramme der Länder, in denen u. a.

    □ gebietsspezifische extensive Produktionsverfahren,

    □ die Verringerung des Viehbesatzes,

    □ Lehrgänge, Praktika sowie Demonstrationsvorhaben zur Verbreitung eines umweltbewußten Verhaltens in der Landwirtschaft

    gefördert werden können,

  = die Förderung markt- und standortangepaßter Landbewirtschaftung im Rahmen der gemeinsamen Agrarstrukturpolitik von Bund und Ländern, die eine Mittelbereitstellung für

    □ extensive Produktionsverfahren im Ackerbau oder bei Dauerkulturen,

    □ extensive Grünlandnutzung einschließlich der Umwandlung von Ackerland in extensiv zu nutzendes Grünland und

    □ ökologische Anbauverfahren

    ermöglicht.

- Im Rahmen der flankierenden Maßnahmen wurde auch die **Förderung der Erstaufforstung** verbessert. Bund und Länder fördern die Erstaufforstung im Rahmen der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes" bereits seit 1975 durch einen Zuschuß zu den Kosten der Erstinvestition (je nach Baumart bis zu 85 % der förderungsfähigen Kosten). Seit 1991 erhalten land- und forstwirtschaftliche Unternehmer bzw. Betriebsinhaber – zusätzlich zu der o. g. Investitionsbeihilfe – zum teilweisen Ausgleich von Einkommensverlusten aus bisheriger landwirtschaftlicher Nutzung eine Erstaufforstungsprämie. Diese jährlich gezahlte Prämie wird bis zu einer Dauer von 20 Jahren gewährt. Sie kann je nach Baumarten und Standortgüte bis zu 1 400 DM je Hektar und Jahr betragen.

- Die Bundesregierung hat Schritte eingeleitet, um die wettbewerbsrelevanten und umweltrechtlichen Rahmenbedingungen zugunsten **nachwachsender Rohstoffe** weiter zu verbessern. Im Zuge der Agrarreform hat sie erreicht, daß auf stillgelegten Flächen nahezu alle gängigen Ackerkulturen für die Nichtnahrungsmittelproduktion angebaut werden dürfen und der Landwirt dennoch die volle Stillegungsprämie erhält. Weitere wichtige Maßnahmen sind die vollständige Befreiung reiner Biokraftstoffe (Biodiesel) von der Mineralölsteuer, die Förderung der Forschung und Entwicklung für einen Einsatz biologisch schnell abbaubarer Schmierstoffe und Hydraulikflüssigkeiten, der Einsatz für eine EU-weite CO_2-/Energiesteuer, von der nachwachsende Rohstoffe und andere erneuerbare Energieträger auszunehmen sind, die Begünstigung von aus land- und forstwirtschaftlich produzierter Biomasse erzeugtem Strom durch das Stromeinspeisungsgesetz und nicht zuletzt die Förderung von Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrationsvorhaben, wofür 1996 ein neues Konzept beschlossen wurde. In Deutschland wurden 1995 auf einer Fläche von rd. einer halben Mio. ha Agrarrohstoffe für die Industrie und den Energiesektor angebaut.

- Die neue Düngeverordnung schafft einheitliche rechtliche Rahmenbedingungen für eine umweltverträgliche Ausbringung von Düngemitteln. Mit

[14]) GV = Großvieheinheit; für die einzelnen Tierarten berechnet nach einem bestimmten Schlüssel unter Zugrundelegung des Lebendgewichts. z. B. entsprechen einer GV: ein Rind (über 2 Jahre) oder etwa sechs Mastschweine (über 50 kg) oder zehn Schafe (über 1 Jahr).

[15]) Verordnung (EWG) 2078/92 des Rates vom 30. Juni 1992 für umweltgerechte und den natürlichen Lebensraum schützende landwirtschaftliche Produktionsverfahren; Verordnung (EWG) 2080/92 des Rates vom 30. Juni 1992 zur Einführung einer gemeinschaftlichen Beihilferegelung für Aufforstungsmaßnahmen in der Landwirtschaft;

ihr werden auch die Vorgaben der EG-Nitratrichtlinie zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen, soweit sie die Düngung betreffen, in Deutschland flächendeckend umgesetzt. Die Düngeverordnung wird insbesondere in Gebieten mit intensiver Viehhaltung die verlustarme Verwertung der anfallenden Wirtschaftsdünger unterstützen und Nährstoffüberschüsse schrittweise weiter zurückführen.

- Bei **Beratung** der landwirtschaftlichen Betriebe steht die umweltgerechte landwirtschaftliche Produktion zunehmend im Mittelpunkt, insbesondere
  = eine pflanzenbedarfs- und standortgerechte Düngung,
  = eine auf den Nährstoffkreislauf ausgerichtete flächengebundene Tierhaltung,
  = eine dem Nährstoffbedarf angepaßte Tierernährung (Vermeiden überhöhter Proteinzufuhr) und
  = eine emissionsarme Lagerung und Ausbringung von Fest- und Flüssigmist.

Durch die Agrarumweltprogramme der Länder konnten in den Jahren 1993/1994 auf 4,5 Mio. Hektar besonders umweltgerechte landwirtschaftliche Produktionsverfahren durchgeführt werden. Auf 1,7 Mio. Hektar (10% der landwirtschaftlichen Fläche Deutschlands) wurden darüber hinaus extensive, die Stickstoffausträge dadurch weiter mindernde Landbewirtschaftungsverfahren gefördert. Die extensive Gründlandnutzung mit einem Viehbesatz von in der Regel höchstens 1,4 RGV[16]) wurde sogar auf 20% der Fläche gefördert.

Durch diese agrarpolitische Neuorientierung und die Anpassungen in der Landwirtschaft, vor allem die Umstrukturierung in den neuen Ländern, ist der Stickstoffabsatz aus Handelsdüngern sowohl insgesamt als auch je Hektar deutlich zurückgegangen. Unter Einbeziehung der neuen Länder verringerte sich der jährliche Verbrauch an Stickstoff aus Handelsdünger seit dem Wirtschaftsjahr 1989/90 um etwa ein Fünftel und beträgt heute rund 1,7 Mio. Tonnen Reinstickstoff. Zudem nahmen die Tierbestände in Deutschland im Zuge von Extensivierungsmaßnahmen und der Umstrukturierung der Landwirtschaft in den neuen Ländern um 21% von 19,0 Mio. GV 1989 auf 15,1 Mio. GV 1995 ab.

Die Emissionen gingen zusätzlich zurück, weil in den letzten Jahren durch

- effektivere Verwertung der Gülle u. a. durch reduzierten Viehbesatz je Flächeneinheit,
- verlustsenkende Technologie bei der Güllelagerung und -ausbringung,
- bedarfsangepaßtere Fütterung,
- Leistungssteigerung des Einzeltieres durch Zuchtverfahren

die Effizienz der Nährstoffverwertung in der Tierproduktion Schritt um Schritt verbessert werden konnte.

Aufgrund dieser Entwicklungen wurden 1995 aus der Tierhaltung etwa 160 000 t NH_3 bzw. fast ein Viertel weniger emittiert als 1989.

5.1.2 Maßnahmen im internationalen Bereich

Luftverunreinigungen und Neuartige Waldschäden sind ein grenzübergreifendes Problem. Die Europäischen Ministerkonferenzen zum Schutz der Wälder im Jahr 1990 in Straßburg und im Jahr 1993 in Helsinki haben die Bedeutung von systematischer und staatenübergreifender Beobachtung der Wälder und die Notwendigkeit von international abgestimmten Maßnahmen u. a. zur Walderhaltung und Forschung bestätigt.

Für die Luftreinhaltung ist v. a. die **Genfer Luftreinhaltekonvention** (Übereinkommen vom 13. November 1979 über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung) von Bedeutung. Die Bundesrepublik Deutschland hat sie gemeinsam mit 32 Staaten unterzeichnet. Die inzwischen 40 Vertragsstaaten haben sich verpflichtet, Luftverunreinigungen soweit wie möglich zu verringern.

Die Verpflichtungen sind im einzelnen in spezifischen Protokollen enthalten:

Im **Helsinki-Protokoll** (1985) – für die Bundesrepublik Deutschland seit 1987 in Kraft – haben sich 21 Staaten verpflichtet, ihre jährlichen nationalen **Schwefeldioxidemissionen (SO_2)** bis spätestens 1993 um mindestens 30% gegenüber dem Niveau von 1980 zu reduzieren. Dieses Ziel wurde in den alten Ländern der Bundesrepublik Deutschland bereits 1990 mit 70% weit übertroffen. Insgesamt war in Deutschland bereits 1992 eine Reduktion um 53% erreicht worden.

Auch die meisten anderen Staaten der UN/ECE haben ihre SO_2-Emissionen beträchtlich verringert: Sie lagen 1990 in den europäischen Staaten insgesamt um ca. 30% unter den Werten von 1980.

Im Juni 1994 haben Deutschland, 26 weitere Staaten und die EU in **Oslo** ein neues **SO_2-Protokoll** unterzeichnet. Damit sollen die SO_2-Emissionen weiter gesenkt werden. Das Protokoll soll 90 Tage nach Hinterlegung der 16. Ratifikationsurkunde in Kraft treten und damit das Helsinki-Protokoll ablösen. Drei Staaten haben das Protokoll inzwischen ratifiziert. In Deutschland wird das Vertragsgesetz zur nationalen Umsetzung derzeit vorbereitet.

Die wichtigsten Verpflichtungen dieses Protokolls sind:

1. Reduzierung der Schwefelemissionen, damit langfristig die im Protokoll angegebenen sog. kritischen Belastungswerte (critical loads) möglichst nicht überschritten werden.

   Die mittels international abgestimmter Methoden[17]) ermittelten kritischen Belastungswerte sind

[16]) Rauhfutterfressende Großvieheinheiten

[17]) erarbeitet durch die ECE-Sonderarbeitsgruppe Kartierung (Task Force on Mapping)

definiert als eine quantitative Schätzung der Exposition gegenüber einem oder mehreren Schadstoffen, unterhalb derer nach dem heutigen Wissensstand keine bedeutenden schädlichen Auswirkungen auf bestimmte empfindliche Teile der Umwelt auftreten. Mit diesem Protokoll wird erstmals in einem völkerrechtlich verbindlichen Regelwerk die Empfindlichkeit der vom Stoffeintrag betroffenen Ökosysteme zum Maßstab für die erforderlichen Emissionsminderungen genommen. Tatsächlich überschreiten die Depositionen derzeit in weiten Teilen Mitteleuropas immer noch die berechneten kritischen Belastungswerte. Besonders hoch sind diese Überschreitungen in Mittelengland und in Deutschland im Süden der neuen Länder.

2. Verbindliche Festlegung von individuellen Obergrenzen der Gesamt-Schwefelemissionen der Vertragsstaaten für die Jahre 2000, 2005 bzw. 2010.

   Danach ist Deutschland verpflichtet, seine Schwefelemissionen um 83 % bis zum Jahr 2000 und um 87 % bis zum Jahr 2005 gegenüber dem Niveau von 1980 zurückzuführen (1992 war bereits eine Reduktion um 53 % erreicht). Größenordnungsmäßig vergleichbare Reduzierungsraten wurden für Österreich, Dänemark, Finnland, Schweden, Niederlande, Frankreich und Belgien festgelegt. Die Reduzierungsraten der Staaten Mittel- und Osteuropas sind, gemessen an ihrer wirtschaftlichen Situation, überwiegend beachtlich hoch (sie bewegen sich beispielsweise für das Jahr 2005 zwischen 17 % für Kroatien und 65 % für die Slowakei).

   Daneben enthält das Protokoll verbindliche SO_2-Emissionsgrenzwerte für neue und mit gewissen Einschränkungen auch für bestehende Großfeuerungsanlagen. Sie sind im deutschen Recht bereits enthalten und werden von den deutschen Anlagen eingehalten bzw. unterschritten. Außerdem enthält das Protokoll Grenzwerte für den Schwefelgehalt in Gasölen, die den Anforderungen in der EU entsprechen. Ferner enthält das Protokoll ein deutlich verbessertes System zur Überwachung der Einhaltung der Verpflichtungen.

Im sogenannten **Sofia-Protokoll** (1988) – für Deutschland seit 1991 in Kraft – haben sich 25 Staaten verpflichtet, die **Stickstoffoxidemissionen (NO_x)** bis 1994 auf den Stand von 1987 zurückzuführen. Deutschland und elf weitere Staaten haben sich darüber hinaus verpflichtet, ihre NO_x-Emissionen bis spätestens 1998 um 30 % zu senken. Deutschland wird dieses Ziel – nach heutigem Kenntnisstand – erreichen: Die gesamten NO_x-Emissionen (ohne Emissionen aus Hochseebunkerungen) gingen von 3,6 Mio. t NO_x im Bezugsjahr 1987 bis 1994 um ca. 20 % auf 2,8 Mio. t zurück.

Die NO_x-Emissionen blieben von 1987 bis 1990 in den europäischen Staaten insgesamt unverändert. Ihren Ausstoß wesentlich reduziert haben Deutschland, Polen, Spanien sowie Ungarn. Gleichzeitig stiegen sie in einigen anderen Staaten wie Rußland, Belgien und Großbritannien deutlich an.

Zur Reduzierung der Emissionen an **flüchtigen organischen Verbindungen ohne Methan** (NMVOC) in West- und Osteuropa haben 23 Staaten – einschließlich Deutschland – 1991 in **Genf** ein weiteres Protokoll unterzeichnet. Ratifiziert haben dieses Protokoll zwölf Staaten einschließlich Deutschland. Darin haben sie sich verpflichtet, ihre NMVOC-Emissionen bis 1999 um mindestens 30 % zu verringern.

Das Basisjahr für Deutschland ist 1988. Damals lagen die NMVOC-Emissionen (alte und neue Länder) bei 3,2 Mio. t. Im Jahr 1994 wurden in Deutschland 2,4 Mio. t NMVOC emittiert, was bereits einer Verminderung von 24 % entspricht. Aufgrund der von der Bundesregierung ergriffenen Maßnahmen werden nach Berechnungen des Umweltbundesamtes die NMVOC-Emissionen in Deutschland bis zum Jahr 1999 auf 1,8 Mio. t, d. h. um etwa 45 % zurückgehen.

Deutschland setzt sich auch im Rahmen der **Europäischen Union** für gemeinsame Lösungen zur Verbesserung der Luftqualität ein.

Darüber hinaus spielen bei der Verringerung grenzüberschreitender Schadstoffströme bilaterale Umweltabkommen v. a. mit mittel- und osteuropäischen Staaten eine wichtige Rolle.

5.1.3 Ergebnisse der Maßnahmen

– Emissionen –

Die Luftreinhaltung hat in Deutschland bereits ein hohes Niveau erreicht. Für die Verursachergruppen Energieerzeuger, Industrie, Haushalte, Kleinverbraucher, Landwirtschaft und Verkehr wurden Maßnahmen ergriffen, um den Ausstoß von Luftschadstoffen zu vermeiden bzw. zu vermindern und damit Schadursachen zu beseitigen.

Die hauptsächlich im Laufe der 80er Jahre getroffenen Maßnahmen zeigen im Anlagenbereich deutlich spürbare und nachweisbar positive Wirkungen. So ist v. a. der Schadstoffausstoß aus stationären Anlagen erheblich zurückgegangen. Mit Wirksamwerden des Bundes-Immissionsschutzgesetzes für die neuen Länder hat sich auch dort dieser positive Trend verstärkt (vgl. Abbildung 13 und Abbildung 14).

Seit Ende der achtziger Jahre wirkt sich die Einführung schadstoffarmer bzw. schadstoffreduzierter Pkw aus. Trotz steigender Verkehrsleistung konnte ein Rückgang der Emissionen aus dem Verkehr bezüglich Kohlenwasserstoff und Kohlenmonoxid und seit Anfang der 90er Jahre auch eine Minderung der verkehrsbedingten Emissionen von Stickstoffoxid erreicht werden. So zeigen Berechnungen des Instituts für Energie und Umweltforschung Heidelberg, daß aufgrund der Einführung des Katalysators eine Abnahme der NO_x-Emissionen aus dem Straßenverkehr zu verzeichnen ist (Abnahme 1993 gegenüber 1990 um 4,5 %).

Der hauptsächliche Teil (ca. 90 %) der **Ammoniak (NH_3)**-Emissionen stammt aus landwirtschaftlichen Quellen. Weitere Emissionsquellen sind u. a. Industrieprozesse und Feuerungsanlagen. Der Rückgang der Ammoniak-Emissionen zwischen 1989 und 1994 beträgt etwa 24 % und ist vor allem auf die Verringe-

Tabelle 7

Entwicklung der Emissionen von Luftschadstoffen in der Bundesrepublik Deutschland (D) und der ehemaligen Deutschen Demokratischen Republik (DDR) in Mio. t

	1980		1985		1989		1990			1994			Schätzung für das Jahr 2005[1]) Gesamt in %
	D	DDR	D	DDR	D	DDR	aBL[2])	nBL	Ges.	aBL	nBL	Ges.	
Staub	0,67	1,94	0,54	2,11	0,41	2,03	0,30	1,62	2,02	0,38	0,38	0,75	–87
SO_2	3,16	4,35	2,37	5,37	0,94	5,25	0,89	4,44	5,33	0,87	2,12	3,00	–86
NO_x	2,62	0,72	2,54	0,74	2,15	0,75	1,96	0,68	2,64	1,77	0,44	2,21	–19
NH_3	0,57	0,26	0,59	0,27	0,56	0,26	0,55	0,21	0,76	0,52	0,10	0,62	[4])
NMVOC[3])	2,52	0,70	2,45	0,74	2,30	0,85	2,21	0,94	3,16	1,78	0,35	2,14	–45

[1]) Bezugsjahr: 1990; die Voraussetzungen, die dieser Abschätzung zu Grunde liegen, sind im 6. Immissionsschutzbericht der Bundesregierung (1996) auf S. 43 genannt.
[2]) aBL = alte Bundesländer, nBL = neue Bundesländer
[3]) flüchtige organische Verbindungen ohne Methan
[4]) Für NH_3 liegt keine Emissionsschätzung für das Jahr 2005 vor

Quelle: 6. Immissionsschutzbericht der Bundesregierung, Hrsg.: Bundesumweltministerium 1996; Zahlen gerundet, ohne natürliche Quellen; die Angaben für 1994 sind vorläufig.

rung der landwirtschaftlichen NH_3-Emissionen infolge der agrarumweltpolitischen Maßnahmen und der Umstrukturierung der Landwirtschaft insbesondere in den neuen Ländern zurückzuführen.

– Immissionen –

Die Immissionen an **Schwefeldioxid** (SO_2) sind in den alten und neuen Ländern zurückgegangen. Während in den alten Länder die Konzentrationen von einem großräumigen Niveau von etwa 25–50 µg/m³ und regional 50–75 µg/m³ (Ruhrgebiet, Rhein-Main-Gebiet, Nordhessen) im Jahr 1986 kontinuierlich auf Werte kleiner als 25 µg/m³ fast flächendeckend zurückgegangen sind, ist ein erheblicher Rückgang in den neuen Ländern erst ab 1990 zu verzeichnen.

In den Ländern Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen liegen die Immissions-Meßwerte noch großflächig zwischen 50 und 100 µg/m³ im Jahresmittel. Mit dem Fortschreiten der technischen Emissions-Minderungsmaßnahmen und auf der Grundlage von Maßnahmen im Rahmen der bi- und multilateralen Zusammenarbeit mit den Nachbarländern, der Republik Polen und der Tschechischen Republik, ist speziell in diesen heute noch höher belasteten Gebieten ein weiterer Rückgang der SO_2-Konzentrationen zu erwarten.

Im gesamten Bundesgebiet wurde im Jahr 1993 der Immissionswert der TA Luft, der für SO_2 mit 140 µg/m³ als Jahresmittel festgelegt ist, erheblich unterschritten. Meßstellen, an denen SO_2-Immissionswerte der entsprechenden EG-Richtlinie nicht eingehalten wurden, gab es nur noch in den Ländern Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen. Allerdings sind auch hier die Zahl der betroffenen Meßstellen und die Höhe der Überschreitungen stark im Rückgang begriffen.

Wintersmogalarm, verursacht durch Schwefeldioxid, trat im alten Bundesgebiet nicht mehr auf. In den Länder Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen kam es in den Wintern 1991/92 und 1992/93 noch wiederholt zur Ausrufung der Vorwarnstufe und Alarmstufe 1. Im Winter 1993/94 kam es nur in Sachsen und Sachsen-Anhalt in mehreren Smoggebieten zu je einer kurzen Periode mit Ausrufung von Smogalarm. Im Winter 1994/95 blieben in allen neuen Ländern Smogsituationen aus.

Die Immissionen von **Stickstoffoxiden (NO_x)** liegen generell unter dem Immissionsrichtwert der TA-Luft zum Schutz der Gesundheit. Man findet außerhalb der Ballungsräume in den ländlichen Gebieten NO_2-Konzentrationen, die nur selten einen Wert von 30 µg/m³ überschreiten und die abseits von verkehrsreichen Straßen unter 10 µg/m³ liegen. In den Ballungsräumen werden – je nach Lage der Meßstation – Jahresmittelwerte zwischen 30 und 60 µg/m³ gemessen (Stationen mit größerem Repräsentanzradius). Eng begrenzte lokale Effekte, wie sie z. B. bei Stationen auftreten, die einen „verkehrsbezogenen" Charakter aufweisen, führen zu Konzentrationen, die durchaus 100 µg/m³ und darüber erreichen können.

Die durch den Vollzug der Großfeuerungsanlagen-Verordnung erzielte Minderung der Belastung wurde z. T. wieder kompensiert durch Zuwächse beim Verkehrsaufkommen. Nach wie vor ist daher im wesentlichen der verkehrsbeeinflußte Raum durch Stickstoffdioxid belastet; insbesondere gilt dies für Gebiete an Autobahnen.

In den neuen Bundesländern ist vielfach eine Zunahme der mittleren jährlichen Stickstoffdioxidbelastung festzustellen. So ist z. B. in Dresden die NO_2-Konzentration von 20 µg/m³ im Jahr 1989 auf 35 µg/m³ im Jahr 1993 angestiegen. Diese Entwicklung ist hauptsächlich auf die Zunahme des Kraftfahrzeugverkehrs zurückzuführen.

Der Grenzwert der EG-Richtlinie von 200 µg/m³ als 98%-Wert wird an allen Meßstellen unterschritten.

Lediglich der Leitwert von 135 µg/m³ ist an wenigen Meßstellen mit starker Verkehrsbeeinflussung überschritten.

Bodennahes Ozon (O_3) entsteht durch photochemische Reaktion aus den primär emittierten Vorläuferschadstoffen NO_x und VOC (vgl. Abschnitt 4.1). Maßnahmen zur Minderung der Ozon-Konzentration setzen daher bei diesen Vorläufersubstanzen an. Die pflanzenschädigende Wirkung von Ozon ist nachgewiesen.

Die besonderen Eigenarten bei Bildung und Abbau von Ozon führen dazu, daß die Langzeitmittelwerte für die Ozon-Konzentrationen in der Luft in Gebieten mit hohen NO_x-Werten relativ gering bleiben (z. B. in Ballungsräumen 20–60 µg O_3/m³ Luft), in sogenannten Reinluftgebieten jedoch höhere Werte erreichen können (z. B. in Höhenlagen von Mittelgebirgen 60–100 µg O_3/m³ Luft, im Alpenraum vereinzelt Jahresmittelwerte bis zu 120 µg O_3/m³ Luft). Der EU-weit einheitliche Schwellenwert für die Auslösung des Warnsystems zum Schutz vor Gefahren für die menschliche Gesundheit im Falle einer kurzen Exposition beträgt 360 µg O_3/m³ Luft als Einstundenmittelwert. Er wurde in Deutschland jedoch an keiner der ca. 300 Meßstationen überschritten. Dagegen überstiegen die Ozonkonzentrationen häufig den Wert von 180 µg/m³ Luft als Einstundenmittelwert, ab dem die Bevölkerung informiert werden muß. Die Schwellenwerte für den Schutz der Vegetation (mittlere Ozon-Konzentration in einer Stunde von 200 µg/m³ Luft bzw. in 24 Stunden von 65 µg/m³ Luft) waren ebenfalls häufig überschritten.

5.1.4 Höhe und Entwicklung von Schadstoffdepositionen in Waldökosystemen

Im Zusammenhang mit den Neuartigen Waldschäden (vgl. Abschnitt 4.2) sind insbesondere Einträge folgender Stoffe von Bedeutung:

- **Sulfatschwefel (SO_4-S):** Zu Anfang und Mitte der 80er Jahre reichten die durchschnittlichen jährlichen Depositionsraten im Freiland von ca. 15 kg/ha in den niederschlagsärmeren Regionen Südwestdeutschlands bis zu nahezu 80 kg/ha in den nördlichen und v.a. östlichen Mittelgebirgen.

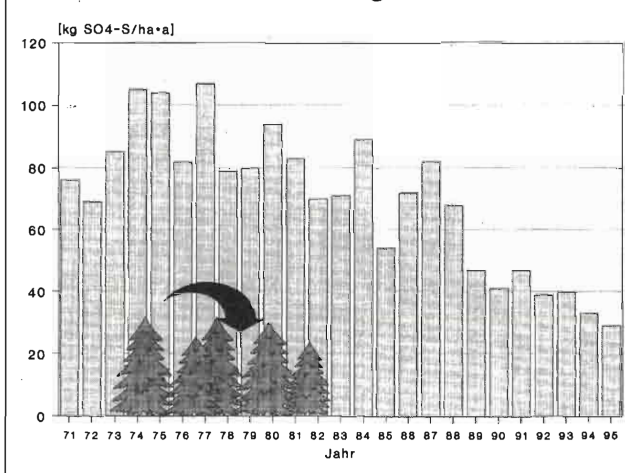
  Unter Waldbeständen wurden im gleichen Zeitraum höhere Depositionswerte als im Freiland gemessen. Besonders hoch waren die durchschnittlichen jährlichen Sulfateinträge v. a. im südlichen Teil der ehemaligen DDR, wo sie unter Kiefernbeständen Werte zwischen 80 und 106 kg/ha, unter Fichtenbeständen Werte zwischen 100 und 150 kg/ha erreichten. Ebenfalls hohe Werte unter Fichtenbeständen wurden im gleichen Zeitraum vor allem im Solling/Harz mit 50–90 kg/ha aber auch in Ostbayern (33–110 kg/ha) und Hessen (21–89 kg/ha) festgestellt.

  Vergleichsweise geringe jährliche Sulfateinträge wurden unter Fichtenbeständen, z. B. in Teilen des Schwarzwaldes (15–46 kg/ha) oder in Rheinland-Pfalz (24–43 kg/ha), sowie unter Kiefern im nordostdeutschen Tiefland (17 bis 40 kg/ha) ermittelt.

  Auf nahezu allen Untersuchungsstandorten in den alten Ländern ist während der letzten zehn Jahre ein erheblicher Rückgang der Sulfatdeposition zu verzeichnen. Der Rückgang ist um so höher, je höher die Ausgangsbelastung der Standorte war. Unter Fichtenbeständen im Solling erreichten die Sulfateinträge beispielsweise gegen Mitte der 70er Jahre mit jährlich 80–110 kg/ha ein Maximum und gingen bis Anfang der 90er Jahre um mehr als die Hälfte auf nunmehr 30–40 kg/ha zurück (vgl. Abbildung 16).

Abbildung 16

Entwicklung der Deposition von Sulfatschwefel in einem Fichtenbestand (Kronentraufe) im Solling



(nach B. ULRICH, 1993: 25 Jahre Ökosystem- und Waldschadensforschung im Solling. Forstarchiv 64, S. 147–152; Angaben für 1992 bis 1995: Niedersächsische Forstliche Versuchsanstalt)

  Auch in den neuen Ländern zeichnet sich in den Jahren 1991 und 1992 eine deutliche Verringerung der Sulfateinträge ab. Dennoch erreicht die aktuelle jährliche Sulfatdeposition z. B. unter Fichtenbeständen in Thüringen immer noch Werte zwischen 35 und 60 kg/ha.

  Allerdings übersteigen auch die verringerten Schwefeleintragsraten die Schwellenwerte der Verträglichkeit für Waldökosysteme (Critical Loads[18]) noch beträchtlich.

- **Stickstoff:** Die Gesamtstickstoffdeposition ergibt sich v. a. aus den Einträgen von Nitrat (NO_3-N) und Ammonium (NH_4-N). Beide tragen – bezogen auf das gesamte Bundesgebiet – zu etwa gleichen Teilen dazu bei. Regional können diese Anteile je-

[18]) Angaben zur Belastbarkeit von Ökosystemen, insbesondere Waldböden, durch Säure- oder Stickstoffeinträge (Critical Loads) oder kritischen Konzentrationen von Luftschadstoffen (SO_2, NOx, Ozon) werden im Rahmen der von Deutschland geleiteten europaweiten Aktivitäten der UN/ECE-Sonderarbeitsgruppe „Kartierung kritischer Belastungswerte" auf der Grundlage von Meßwerten und Modellrechnungen beim Umweltbundesamt ermittelt und kartiert. Methoden und Ergebnisse einschließlich der Critical-Loads-Karten sind veröffentlicht und können beim Umweltbundesamt bezogen werden.

doch sehr stark schwanken: Während in landwirtschaftlich intensiv genutzten Gebieten der Beitrag des Ammoniums überwiegt, dominiert in den leeseitig der Ballungszentren gelegenen Mittelgebirgsregionen der Beitrag des Nitrats.

Gegen Anfang und Mitte der 80er Jahre reichten die durchschnittlichen jährlichen Depositionsraten von Stickstoff (Nitrat und Ammonium) im Freiland von etwa 6 bis 24 kg/ha und unter Fichtenbeständen von etwa 8 bis 72 kg/ha.

Besonders hohe Werte wurden im nordwestlichen Küstenraum Niedersachsens (Wingst) mit 45 bis 72 kg/ha gemessen. Werte zwischen 20 und 40 kg/ha wurden an Untersuchungsstandorten in Hessen, Niedersachsen (Solling), Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz und Thüringen festgestellt, unter Kiefernbeständen in der DDR z. T. auch darüber.

Vergleichsweise geringe Stickstoffeinträge wurden unter Fichtenbeständen in Bayern (11–30 kg/ha) sowie im südlichen Schleswig-Holstein (12 bis 19 kg/ha) ermittelt.

Aufgrund von Reaktionen der Stickstoffverbindungen in der Baumkrone ist es jedoch wahrscheinlich, daß der Gesamteintrag an Stickstoff in Waldbeständen bis zum Doppelten des meßtechnisch Erfaßbaren beträgt.

Während der letzten zehn Jahre zeigten die Stickstoffeinträge an der Mehrzahl der Untersuchungsstandorte eine gleichbleibende bis leicht steigende Tendenz.

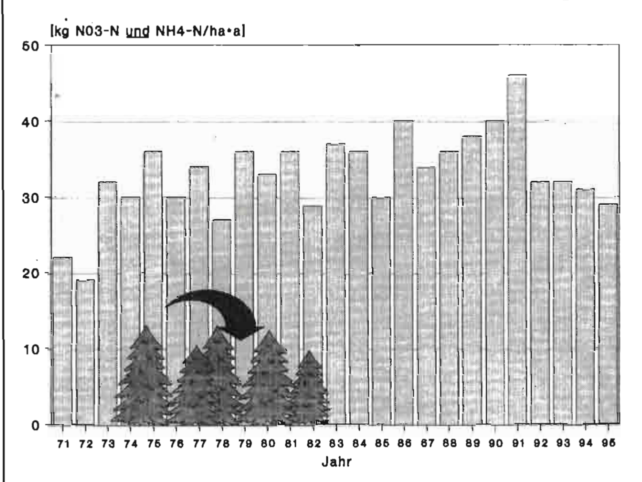
Die aktuellen jährlichen Eintragsraten von Stickstoff (Nitrat und Ammonium) erreichen derzeit auf vielen Standorten Größenordnungen um 30–40 kg N/ha (Beispiel in Abbildung 17). Sie liegen damit etwa um das Zwei- bis Fünffache über der Stickstoffmenge, die der Wald für sein Wachstum benötigt. Durch die jahrzehntelang anhaltenden Einträge hat sich in vielen Waldökosystemen eine Sättigung mit Stickstoff eingestellt. Diese Wälder können überschüssigen Stickstoff nicht mehr speichern und geben ihn – z. T. in umweltbelastender Form (vgl. Abschnitt 4.2) – wieder ab. Beispielsweise beträgt der Nitrataustrag mit dem Quellwasser aus Waldökosystemen des Thüringer Waldes bereits ein Vielfaches der Eintragsbelastung.

Trotz meßtechnischer Unsicherheiten zeigen die vorliegenden Meßreihen, daß die Wälder bis zu vierfach höhere Depositionsraten als das Freiland aufweisen können (vgl. Abschnitt 4.2). Dies liegt daran, daß Wälder wegen der großen Oberfläche und Rauhigkeit des Kronendaches verstärkt Stoffe aus der Luft auskämmen.

Schwefel- und Stickstoffeinträge in die Wälder bedeuten eine erhebliche **Säurebelastung** insbesondere der Waldböden. Waldböden können Säureeinträge innerhalb gewisser Grenzen abpuffern bzw. ökosystemunschädlich neutralisieren. Wird diese Pufferfähigkeit jedoch überschritten, so ist mit einer fortschreitenden Versauerung der Waldböden (vgl. Abschnitte 4.2 und 5.2.4) zu rechnen. Dadurch verringert sich die Fähigkeit der Böden, Nährstoffe festzuhalten. Zudem können v.a. infolge der Zerstörung

Abbildung 17

Entwicklung der Stickstoffdeposition in einem Fichtenbestand (Kronentraufe) im Solling



(nach B. ULRICH, 1993: 25 Jahre Ökosystem- und Waldschadensforschung im Solling. Forstarchiv 64, S. 147 – 152; Angaben für 1992 bis 1995: Niedersächsische Forstliche Versuchsanstalt)

von Tonmineralen hohe Konzentrationen potentiell giftiger Aluminium-, Eisen- und Manganionen im Bodenwasser auftreten. Standorte mit pufferschwachem Untergrund können bis in Grund- und Quellwasser-Schichten hinein versauern. Dadurch kann die Wasserqualität erheblich beeinträchtigt werden.

Insgesamt zeigen die Depositionsmessungen und -modelle, daß auch weiterhin zuviel Schadstoffe aus nationalen Quellen, aber auch aus grenzüberschreitenden Schadstoffströmen in die Waldökosysteme eingetragen werden.

5.1.5 Schwerpunkte für künftige Maßnahmen

Zur Reduzierung der Luftschadstoffe sind in den vergangenen Jahren zahlreiche nationale und internationale Regelungen getroffen worden, die alle wesentlichen Emissionsbereiche erfassen. Die positiven Auswirkungen dieser Luftreinhaltemaßnahmen werden im weiteren Verlauf der 90er Jahre in den alten Ländern noch deutlicher werden und in den neuen Ländern verstärkt zur Geltung kommen (vgl. Tabelle 7). Zur Umsetzung der ergriffenen Maßnahmen sind jedoch in den kommenden Jahren weitere erhebliche Anstrengungen bei allen Emittentengruppen erforderlich. Auch in Zukunft kommt es darauf an, in Anwendung des Vorsorgeprinzips kontinuierlich neue naturwissenschaftlich-technische Erkenntnisse und Entwicklungen zu verfolgen und den aktuellen „Stand der Technik" in der Praxis zügig umzusetzen. Dabei ist der Grundsatz der Verhältnismäßigkeit zu beachten. Zunehmend werden dabei Instrumente im Vordergrund stehen, die anstelle ordnungsrechtlicher Gebote verstärkt ökonomisch wirkende Instrumente für eine Verbesserung der Luftqualität mobilisieren, die geeignet sind, das Eigeninteresse der Verursacher von Umweltbelastungen an der Vermeidung oder Verminderung solcher Belastungen bei geringeren gesamtwirtschaftlichen Ko-

sten über den Rahmen der Gefahrenabwehr hinaus zu stärken.

Die Schwerpunkte für künftige Maßnahmen zur Luftreinhaltung sind:

1. Weitere Verringerung der Schadstoffemissionen aus Energieerzeugungs- und Industrieanlagen in den neuen Ländern.

2. Weitere Verringerung der verkehrsbedingten Umweltbelastungen, v. a. NO_x und VOC. Wichtige Maßnahmen hierzu sind:

   - Prüfung von Maßnahmen zur Verbesserung der Dauerwirksamkeit von Abgasreinigungssystemen,
   - schrittweise Verringerung des durchschnittlichen Kraftstoffverbrauches neu zugelassener Pkw bis zum Jahr 2005, spätestens bis zum Jahr 2010 auf 5 Liter/100 km, um dem EU-Umweltratsbeschluß vom 25. Juni 1996 Rechnung zu tragen. Die deutsche Automobilindustrie hat sich freiwillig verpflichtet, dieses Ziel bis zum Jahre 2005 zu erreichen,
   - zügige weitere Durchsetzung des Stufenplanes der europäischen Abgasgesetzgebung für alle Kfz,
   - Forderung nach einer EU-weiten Verringerung des Benzolgehalts in Ottokraftstoffen auf maximal 1,0 Vol. %. In Deutschland liegt der Benzolgehalt z. Z. bei 1,9 Vol. %.
   - Schaffung der notwendigen Voraussetzungen für eine stärkere Nutzung umweltfreundlicher Verkehrsträger Schiene und Wasserstraße im Güter- und Personenverkehr, insbesondere durch
     = verstärkte verkehrs- und investitionspolitische Förderung der umweltverträglicheren Verkehrsträger,
     = Entwicklung der Bahn zu einem modernen, leistungsfähigen und – im Hinblick auf eine stärkere Verlagerung des Straßen- und Kurzstreckenluftverkehrs auf die Schiene – attraktiven Verkehrsträgers,
     = Förderung des kombinierten Verkehrs,
     = Einrichtung von Güterverkehrszentren zur Bündelung von Verkehrsströmen.

3. Weitere Verringerung der landwirtschaftlichen Stickstoffemissionen. Wichtige Maßnahmen hierzu sind:

   - Umsetzung der Vorgaben der Düngeverordnung,
   - Förderung umweltgerechter Produktionsverfahren im Rahmen der Maßnahmen nach der Verordnung (EWG) 2078/92 des Rates vom 30. Juni 1992 für umweltgerechte und den natürlichen Lebensraum schützende landwirtschaftliche Produktionsverfahren;

     ein Schwerpunkt dieser flankierenden Maßnahmen ist die Förderung extensiver Produktionsverfahren im Ackerbau, bei der extensiven Grünlandnutzung, bei der Umwandlung von Ackerland in extensiv zu nutzendes Grünland sowie bei ökologischen Anbauverfahren,
   - weitere Nutzung des technischen Fortschritts in der Tier- und Pflanzenproduktion, um Emissionen zu reduzieren, wie z. B.
     = Entwicklung emissionsärmerer Stallsysteme,
     = weitere Optimierung der Eiweißversorgung der Tiere,
     = Zuchtverfahren mit Leistungssteigerung durch verbesserte Futterverwertung.

4. Fortführung der Arbeiten im Rahmen der UN/ECE-Konvention über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung. Anläßlich der Annahme des neuen SO_2-Protokolls im Juni 1994 verabschiedeten die in Oslo versammelten Umweltminister eine Deklaration, in der die weitere Strategie zur gesamteuropäischen Luftreinhaltepolitik vorgezeichnet wird. Darin erklärten sie sich u. a. entschlossen, jedwede Anstrengung zu unternehmen, die Verhandlungen über einen zweiten Schritt zum NO_x-Protokoll von 1988 zu beschleunigen, um die Emissionen von Stickstoffverbindungen, einschließlich Ammoniak und ggf. von flüchtigen organischen Verbindungen, u. a. im Hinblick auf deren Beitrag zur troposphärischen Ozonbildung, Versauerung und Eutrophierung weiter zu verringern.

5. Weitere Wahrnehmung der bisherigen Rolle Deutschlands als treibende Kraft beim internationalen Umweltschutz, auch durch beispielhaftes nationales Wirken beim Schutz der natürlichen Umwelt.

Darüber hinaus trägt die Klimaschutzpolitik der Bundesregierung auch zur Verminderung der die Waldökosysteme belastenden Schadstoffe bei. Zentraler Bestandteil der Klimaschutzpolitik ist die Verringerung der energiebedingten CO_2-Emissionen, mit der gleichzeitig auch ein erheblicher Teil der Luftschadstoffe reduziert wird.

5.2 Flankierende forstliche Maßnahmen

Es ist oberstes Ziel der Forst- und Umweltpolitik der Bundesregierung, den Wald in seinem Bestand zu erhalten und seine vielfältigen Funktionen für die Gesellschaft sicherzustellen. Zentraler Bestandteil dieser Politik ist, daß die anhaltende Umweltbelastung auf ein für die Waldökosysteme verträgliches Maß zurückgeführt wird.

Meßergebnisse zeigen, daß die Belastung der Wälder mit Schadstoffen zum Teil noch weit über den als kritisch bezeichneten Belastungswerten (Konzept der „Critical levels and critical loads“) liegt. Wälder, die durch chronische oder kurzzeitig hohe Schadstoffeinträge belastet sind, weisen eine höhere Anfälligkeit gegenüber natürlichen Streßfaktoren auf. Durch den Eintrag von Luftschadstoffen werden die „klassischen“ Probleme des Waldschutzes (Insekten, Sturm, Wild usw.) erheblich verschärft.

Die Forstwirtschaft kann die Ursachen der Umweltbelastungen durch Luftschadstoffe nicht beheben. Ihr kommt vielmehr die Aufgabe zu, flankierend zu den Maßnahmen der Luftreinhaltung dazu beizutragen, die Widerstandsfähigkeit von Waldökosystemen zu verbessern und somit den Schadensverlauf zu mildern. Den Waldböden und der Bewahrung ihrer Fruchtbarkeit kommt dabei eine besondere Bedeutung zu.

5.2.1 Fördermittel für flankierende forstliche Maßnahmen

Bund und Länder unterstützen von Neuartigen Waldschäden betroffene private und kommunale Forstbetriebe bereits seit 1984 bei Maßnahmen zur Stabilisierung immissionsgefährdeter Wälder. Hierfür wurden 1984 bis 1995 insgesamt rund 616,6 Mio. DM aus der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes" aufgebracht (vgl. Tabelle 8). Für 1996 sind Ausgaben von 41,0 Mio. DM eingeplant. Der Bund beteiligt sich mit 60 %, die Länder mit 40 % an den förderungsfähigen Kosten. Gefördert werden Bodenschutzkalkungen sowie Vor- und Unterbau und die Wiederaufforstung geschädigter Bestände.

Darüber hinaus haben besonders betroffene Länder spezielle Förderprogramme außerhalb der Gemeinschaftsaufgabe geschaffen. Die Länder haben für solche Programme zum Teil erhebliche Mittel bereitgestellt. Dies gilt z. B. für den ökologisch sehr sensiblen Alpenraum.

Tabelle 8

Die Förderung flankierender forstlicher Maßnahmen aufgrund Neuartiger Waldschäden im Privat- und Kommunalwald aus der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes" durch Bund und Länder (in Mio. DM)

Jahr	Bodenschutzkalkung und Kompensationsdüngung	Wiederaufforstung	Vor-/Unterbau	Gesamt
1984	6,3	2,3	8,2	**16,8**
1985	10,5	4,1	11,0	**25,6**
1986	14,0	14,8	12,7	**41,5**
1987	17,1	18,9	17,7	**53,7**
1988	30,7	22,0	19,8	**72,5**
1989	29,2	13,5	23,8	**66,5**
1990	27,1	20,4	15,4	**62,9**
1991	19,5	50,8	11,8	**82,1**
1992	20,5	23,7	11,3	**55,5**
1993	22,4	14,4	14,9	**51,7**
1994	22,5	8,1	12,7	**43,3**
1995	20,7	10,0	13,8	**44,5**
Summe	**240,5**	**203,0**	**173,1**	**616,6**

5.2.2 Steuerliche Erleichterungen

Waldbesitzer, die aufgrund Neuartiger Waldschäden Zwangsnutzungen vornehmen müssen, können im Rahmen der Einkommensbesteuerung mit Entlastungen rechnen. Nach § 34 b Einkommensteuergesetz kann für Einkünfte aus Holznutzungen infolge höherer Gewalt (Kalamitätsnutzungen) ein ermäßigter Steuersatz für die Bemessung der Einkommensteuer in Anspruch genommen werden. In diese Kalamitätsnutzungen sind Zwangsnutzungen aufgrund Neuartiger Waldschäden ausdrücklich einbezogen.

Die Höhe dieser steuerlichen Erleichterungen hängt unter anderem von der Größenordnung der Zwangsnutzungen ab. So verringert sich die Steuerschuld für Einkünfte im Rahmen von Kalamitätsnutzungen – je nach Höhe der Zwangsnutzung – auf bis zu ein Achtel des durchschnittlichen Steuersatzes.

Die Regelung nach § 34 b Einkommensteuergesetz kann besonders schwer betroffene Waldbesitzer erheblich entlasten. Die Höhe der tatsächlich erzielbaren Entlastung hängt wesentlich von der jeweiligen Einkommenssituation sowie den betrieblichen Verhältnissen ab.

5.2.3 Stabile Waldbestände durch Beachtung waldbaulicher Grundsätze

Angesichts der Neuartigen Waldschäden ist bei der Bewirtschaftung der Wälder mehr denn je darauf zu achten, daß Belastungen für die Waldökosysteme und insbesondere für die Waldböden vermieden werden. Folgenden waldbaulichen Grundsätzen kommt hierbei eine besondere Bedeutung zu:

- **Stabile und artenreiche Mischbestände.** Die Forstwirtschaft ist bestrebt, ökologisch stabile und ertragreiche Bestände zu erhalten bzw. wiederzubegründen. Wo es möglich und sinnvoll ist, sollte Naturverjüngung bevorzugt werden. In vielen Fällen werden dadurch Verjüngungsverfahren erforderlich, die Zeiträume von 20, 30 und mehr Jahren beanspruchen. Dazu müssen die mikroklimatischen Bedingungen und Lichtverhältnisse durch gezielte Bewirtschaftungsmaßnahmen individuell gestaltet werden. Sofern gesät oder gepflanzt wird, sind standortgerechte Baumarten und geeignete Herkünfte zu verwenden.
- **Vermeidung großflächiger Kahlhiebe.** Großflächige Kahlhiebe sind möglichst zu vermeiden, denn sie verursachen drastische Veränderungen im Wasser-, Stoff- und Strahlungshaushalt und führen zu einer raschen Mineralisierung des Humuskörpers verbunden mit Stoffausträgen in das Grundwasser. Die dabei freigesetzten Nährstoffe können von der vorhandenen Vegetation nur zum Teil aufgenommen werden, der andere Teil wird ausgewaschen. Dieser Verlust an Nährstoffen kann mit einem erheblichen Versauerungsschub verbunden sein, der die Waldböden zusätzlich zu der durch den Eintrag von Luftschadstoffen verursachten Versauerung belastet.
- **Gezielte Bestandespflege.** Je vitaler der Einzelbaum ist, desto stabiler ist auch der Gesamtbestand bzw. seine Widerstandskraft gegen Luftver-

unreinigungen. Zu den forstlichen Maßnahmen gegen die Waldschäden zählt daher auch eine Bestandespflege, die mit früh einsetzenden, mehrfachen Pflegeeingriffen gut bekronte, stabile Bäume fördert.

- **Integrierter Pflanzenschutz.** Waldbestände werden in erster Linie durch vorbeugende Maßnahmen (Waldhygiene) vor Schaderregern geschützt. Die Forstwirtschaft arbeitet nach den Grundsätzen des integrierten Pflanzenschutzes. Dabei stehen Maßnahmen, wie z. B. Beseitigung von Borkenkäferbrutstätten und Einsatz von Lockstoffallen im Vordergrund.

  Chemische Pflanzenschutzmittel werden nur angewandt, wenn ganze Waldbestände in ihrer Existenz bedroht und somit unvertretbare ökologische Folgeschäden zu erwarten sind. Im Durchschnitt betrifft das jährlich nur ca. 1 % der Waldfläche.

- **Bestandes- und bodenschonende Techniken.** Die Auswahl der Maschinen und Arbeitsverfahren muß sich an den Standorts- und Bestandesverhältnissen orientieren. Dadurch werden die Struktur der Böden und damit ihre Eigenschaft als Pflanzenstandort erhalten und Schäden an den Bäumen vermieden.

- **Ökologisch verträgliche Wilddichten.** Ökologisch vertretbare Wilddichten sollen ein Aufwachsen der natürlichen Hauptbaumarten ermöglichen. Regional sehr unterschiedlich werden Verjüngungsmaßnahmen durch zu hohe Schalenwildbestände gefährdet. Die Anlage von Schutzzäunen kann zur akuten, aber nicht zur dauerhaften Entschärfung des Problems beitragen. Insofern muß auf eine situationsbezogene Abschußplanung in Verbindung mit einer gewissenhaften Abschußerfüllung größter Wert gelegt werden. Eine Erweiterung des Äsungsangebots durch waldbauliche Maßnahmen bei gleichzeitiger konsequenter Bejagung kann langfristig wesentlich zur Entschärfung des Problems beitragen.

5.2.4 Schutz der Waldböden

Die Waldböden sind ein wesentlicher Teil der Waldökosysteme und haben große Bedeutung für die Wasserversorgung. Sie sind durch den hohen Eintrag von Schadstoffen und deren Anreicherung im Boden gefährdet (vgl. Abschnitte 5.1.4 und 4.3).

Bund und Länder haben auf diese Feststellung reagiert:

- Die Länder haben eine **Bodenzustandserhebung im Wald** durchgeführt, um den Zustand der Waldböden unter Immissionseinflüssen zu ermitteln und die zukünftige Entwicklung beurteilen zu können. Die Erhebung wird zuverlässige Angaben über die vom Forschungsbeirat „Waldschäden/Luftverunreinigungen" befürchtete großflächige Versauerung der Waldböden in Deutschland erbringen. Der Bundesbericht wird für Anfang 1997 erwartet.

- Zur Abpufferung der anhaltenden Säureeinträge werden auf großen Waldflächen **Bodenschutzkalkungen bzw. Kompensationsdüngungen** durchgeführt. Ihnen kommt bei der Stärkung der Widerstandskraft und der Stabilisierung der Waldökosysteme eine besondere Bedeutung zu.

  Eine Kalkung ist jedoch nicht auf allen Standorten sinnvoll und sollte daher grundsätzlich nur nach gründlicher Prüfung der Voraussetzungen und eventueller Nebenwirkungen (z. B. Nitrateintrag in das Grundwasser) eingesetzt werden.

- Zur Verbesserung der Kenntnisse wurden die **Forschungsbemühungen** auf diesem Gebiet intensiviert (vgl. Abschnitt 4.3).

Insgesamt wurden von 1984 bis 1995 rund 2,1 Mio. ha Wald gekalkt bzw. gedüngt, das entspricht rund 20 % der Waldfläche Deutschlands (vgl. Tabelle 9).

Tabelle 9

Bodenschutzkalkung und Kompensationsdüngung zur Stabilisierung von Waldökosystemen gegen athmogene Säureeinträge

	Bodenschutzkalkung und Kompensationsdüngung [in 1 000 ha]		
	im Privat- und im Kommunalwald	im Staatswald	Gesamt
1984–1990	410 [a)]	846 [b)]	1 256
1991	70	139	209
1992	71	100	171
1993	95	68	163
1994	89	81	170
1995	72	79	151
1984–1995	**807**	**1 313**	**2 120**

a) = Nur Privat- und Kommunalwald der alten Länder;
b) = Staatswald in den alten Ländern sowie Staatswald, Privat- und Kommunalwald in der DDR

Bund und Länder fördern im **Privat- und im Kommunalwald** seit 1984 die Kalkung und die gezielte forstliche Düngung zur Stabilisierung der Waldökosysteme. Diese Maßnahmen werden aus der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes" mit bis zu 90 % der förderungsfähigen Kosten unterstützt (vgl. Abschnitt 5.2.1). Als Ergebnis dieser Förderung wurden von 1984 bis 1995 im Privat- und Kommunalwald insgesamt rund 807 000 ha gekalkt bzw. gedüngt (vgl. Tabelle 9):

- In den alten Ländern erhielten private und kommunale Waldbesitzer im Zeitraum von 1984 bis 1990 rund 134 Mio. DM zur Durchführung dieser Maßnahmen auf rund 410 000 ha.

- In der ehemaligen DDR wurden Privat- und Kommunalwälder nahezu ausschließlich durch die staatlichen Forstwirtschaftsbetriebe bewirtschaftet und wie Staatswald behandelt. Die in diesen Waldbesitzarten gekalkten bzw. gegen Immis-

sionseinflüsse gedüngten Flächen sind daher bei den Angaben zum Staatswald der ehemaligen DDR enthalten. Seit 1991 können Privat- und Kommunalwald in den neuen Ländern ebenfalls im Rahmen der Gemeinschaftsaufgabe gefördert werden.

- In den Jahren 1991 bis 1995 wurden diese Maßnahmen in alten und neuen Ländern auf einer Fläche von rund 397 000 ha mit insgesamt 105,6 Mio. DM gefördert.

Auch **in den Staatswäldern** der alten wie der neuen Länder wird die Bodenschutzkalkung bzw. Kompensationsdüngung auf großer Fläche durchgeführt:

- In den Staatswäldern des früheren Bundesgebietes sowie der DDR wurden von 1984 bis 1990 insgesamt rund 846 000 ha gekalkt bzw. gedüngt:
  = In den alten Ländern wurden von 1984 bis 1990 ca. 484 000 ha Staatswald gekalkt bzw. gedüngt.
  = In der DDR waren es im gleichen Zeitraum ca. 362 000 ha (einschließlich Privat- und Kommunalwald).
- 1991 bis 1995 wurde diese Maßnahme im Staatswald der alten und neuen Länder auf ca. 467 000 ha (ca. 13 % aller Staatswaldflächen) durchgeführt.

5.2.5 Erhaltung forstlicher Genressourcen

Die Anpassungsfähigkeit von Pflanzen und Tieren sichert ihr Überleben unter sich verändernden Umweltbedingungen. Diese Anpassungsfähigkeit wird bei Waldbäumen durch eine besonders hohe genetische Mannigfaltigkeit gesichert. Diese ist wegen der Ortsgebundenheit und des sehr langsamen Generationswechsels der Bäume erforderlich. Die genetische Vielfalt und ihre Erhaltung ist um so wichtiger, je mehr Bäume durch Immissionen und Klimaänderungen belastet werden.

Eine bereits 1985 gegründete Bund-Länder-Arbeitsgrupppe „Erhaltung Forstlicher Genressourcen" koordiniert die für die Erhaltung der genetischen Vielfalt der Baumarten erforderlichen Maßnahmen:

- Sicherung von Genressourcen am Ort ihres Vorkommens *(in situ)*
  = im Rahmen einer naturnahen Waldwirtschaft,
  = als spezielle Erhaltungsbestände (auf ca. 5 323 ha) und Einzelbäume (26 305 Stück),
- Erhaltung von Genressourcen an anderen Orten *(ex situ)*
  = durch Verlagerung in weniger belastete Gebiete (ca. 2 368 ha *Ex-situ*-Bestände),
  = in Samenplantagen (ca. 16 046 Muster auf ca. 810 ha) und Klonarchiven (ca. 11 238 Muster),
  = in Genbanken als Saatgut (11 346 Muster), Pollen (6 527 Muster) und Gewebekulturen (327 Muster).

Bei der Zulassung von Saatguterntebeständen und der Erzeugung von forstlichem Vermehrungsgut wird auch die genetische Vielfalt berücksichtigt. Die Forstpflanzenzüchtung bezieht u. a. auch relativ immissionstolerantes Material in ihre Arbeiten ein. Eine hohe genetische Vielfalt im Vermehrungsgut verbessert die Chancen, daß Bestände auch unter besonderen Belastungen überleben können.

Die europäische Zusammenarbeit auf dem Gebiet der forstlichen Generhaltung wurde in den letzten Jahren intensiviert.

5.3 Waldschadensforschung/ Waldökosystemforschung und -monitoring

Waldschadensforschung

Im Rahmen des Aktionsprogrammes „Rettet den Wald" haben Bund, Länder und andere Forschungsträger in der Bundesrepublik Deutschland seit 1982 etwa 850 Forschungsvorhaben mit insgesamt 465 Mio. DM gefördert. Die Bundesregierung hat davon 330 Vorhaben mit insgesamt 313 Mio. DM unterstützt. Darüber hinaus haben Bundes- und Landesforschungseinrichtungen, Landesanstalten für Umweltschutz, Großforschungseinrichtungen und Hochschulen im Rahmen ihrer finanziellen Möglichkeiten Projekte für die Waldschadensforschung finanziert.

Die Waldschadensforschung wird seit 1982 durch die Interministerielle Arbeitsgruppe „Waldschäden/Luftverunreinigungen" (IMA), in der die Forschungsförderer (Bundes- und Länderressorts) vertreten sind, koordiniert.

Waldökosystemforschung

Anfang der 80er Jahre standen v.a. Einzelhypothesen über die Ursachen der Neuartigen Waldschäden im Mittelpunkt. Es wurde jedoch sehr bald klar, daß die als Neuartig bezeichneten Waldschäden vor einem Ursachenkomplex verursacht werden. Dieser setzt sich die aus zahlreichen anthropogenen und natürlichen Einflußgrößen, die mit unterschiedlichem Gewicht die Ausprägung der Schadsymptome verursachen, zusammen. Die Förderung neuer Projekte der speziellen Waldschadensforschung aus Sonderprogrammen ist von der Bundesregierung und bis auf Baden-Württemberg auch von den Ländern eingestellt worden.

Im Verlauf von über 10 Jahren Waldschadensforschung hat sich gezeigt, daß die sehr vielfältigen und komplexen Zusammenhänge der die Waldgesundheit beeinflussenden Faktoren umfassende, d. h. ökosystemare und auf Langzeitbeobachtungen ausgelegte Forschungsansätze erfordern (vgl. Abschnitt 4). Ökosystemare Ansätze gewinnen daher in der Forschungsförderung zunehmend an Gewicht. Daher wird die Waldökosystemforschung jährlich mit 19 Mio. DM gefördert.

Waldökosystemmonitoring

Bereits Ende der sechziger Jahre richteten die Länder Dauerbeobachtungsflächen zum Waldschadensmonitoring ein. Die Flächen dienen der Analyse von Veränderungen der Umweltbedingungen (z. B.

Schadstoffeintrag) und deren Auswirkungen auf Waldökosysteme, der Ursachenerkennung der Neuartigen Waldschäden sowie der Ableitung von Empfehlungen an Politik und forstliche Praxis. Deutschland brachte 86 dieser Flächen in das intensive Waldschadensmonitoringprogramm der EU ein und stellt damit 20% aller in der EU eingerichteten Flächen (vgl. Kap. 3).

Die auf diesen Flächen gewonnen Erkenntnisse werden außerdem die Erarbeitung von Grenzwerten langanhaltender Schadstoffbelastungen (sogen. Critical Loads Concept) ermöglichen und den Vergleich der gemessenen Daten zum Ist-Zustand und zur kontinuierlichen Erfassung von Veränderungen der wichtigsten deutschen Waldökostysteme mit denen unserer Nachbarländer erleichtern.

6. Anhang

Verzeichnis der im Anhang enthaltenen Tabellen

Tabelle 1

Waldschäden nach Ländern von 1984 bis 1996

a) Anteil der Bäume ohne Schadmerkmale

Land	Anteil der Bäume ohne sichtbare Schadmerkmale (Schadstufe 0) [in %]												
	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Bremen	·	48	16	20	40	43	58	48	59	59	55	61	**58**
Hamburg	44	23	20	34	48	49	48	46	48	55	52	49	**50**
Niedersachsen	64	64	63	67	58	57	46	56	48	49	42	48	**48**
Nordrhein-Westfalen	58	63	59	55	61	61	58	58	50	50	49	49	**·**
Schleswig-Holstein	73	66	61	50	52	52	54	53	60	57	50	51	**43**
Nordwestdeutsche Länder	**62**	**64**	**61**	**60**	**51**	**58**	**52**	**57**	**50**	**50**	**46**	**48**	**·**
Berlin	48	24	21	28	29	34	47 *)	23 *)	35	31	32	32	**37**
Brandenburg	·	·	·	·	·	·	41 [1])	29	30	44	42	47	**48**
Mecklenburg-Vorpommern	·	·	·	·	·	·	42 [1])	19	11	13	41	45	**56**
Sachsen	·	·	·	·	·	·	51 [1])	37	39	41	40	46	**52**
Sachsen-Anhalt	·	·	·	·	·	·	24 [1])	28	31	29	35	40	**57**
Thüringen	·	·	·	·	·	·	34 [1])	19	16	17	22	24	**27**
Ostdeutsche Länder	**·**	**·**	**·**	**·**	**·**	**·**	**34 [1])**	**27**	**25**	**31**	**37**	**41**	**48**
Baden-Württemberg	34	34	35	40	41	40	37 [1])	39	26 [1])	23 [1])	35	29 [1])	**25 [1])**
Bayern	42	39	36	38	43	41	·	27	23	36	31	38	**47**
Hessen	58	54	52	52	45	46	40 [1])	29	31	29	25	28	**26**
Rheinland-Pfalz	58	53	54	54	50	50	50 [1])	47	46	46	39	39	**36**
Saarland	69	62	58	46	48	56	·	56	55	51	53	52	**47**
Süddeutsche Länder	**45**	**43**	**41**	**43**	**44**	**43**	**·**	**34**	**29**	**33**	**32**	**35**	**37**

· = Keine Angaben
*) = Ende der Zeitreihe in (West-)Berlin, Beginn einer neuen Zeitreihe (Gesamt-)Berlin
[1]) Ergebnisse aufgrund einer Erhebung im 16 x 16 km-Raster

Tabelle 1

Waldschäden nach Ländern von 1984 bis 1996

b) Anteil der Bäume mit schwachen Schäden

Land	Anteil der Bäume mit schwachen Schäden (Schadstufe 1) [in %]												
	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Bremen	·	31	42	55	47	37	37	39	31	28	30	27	**29**
Hamburg	45	51	50	42	37	37	36	37	35	31	33	36	**35**
Niedersachsen	27	26	26	25	32	30	37	34	39	35	41	35	**37**
Nordrhein-Westfalen	31	27	30	29	29	29	29	31	34	34	36	37	·
Schleswig-Holstein	15	24	26	27	30	30	31	32	27	27	32	29	**30**
Nordwestdeutsche Länder	**28**	**26**	**28**	**27**	**38**	**30**	**33**	**32**	**36**	**34**	**38**	**36**	·
Berlin	44	6	52	50	46	43	40 *)	48 *)	51	44	47	50	**50**
Brandenburg	·	·	·	·	·	·	35 [1])	38	45	39	40	39	**41**
Mecklenburg-Vorpommern	·	·	·	·	·	·	18 [1])	32	46	57	48	45	**38**
Sachsen	·	·	·	·	·	·	24 [1])	36	40	35	35	37	**30**
Sachsen-Anhalt	·	·	·	·	·	·	24 [1])	38	37	38	47	39	**29**
Thüringen	·	·	·	·	·	·	32 [1])	31	30	33	33	37	**36**
Ostdeutsche Länder	·	·	·	·	·	·	**30 [1])**	**35**	**41**	**40**	**40**	**39**	**36**
Baden-Württemberg	42	39	42	39	42	40	44 [1])	44	50 [1])	46 [1])	39	44 [1])	**40 [1])**
Bayern	32	33	38	41	39	41	·	43	45	42	39	39	**37**
Hessen	33	34	29	29	38	37	41 [1])	42	36	36	37	32	**39**
Rheinland-Pfalz	34	38	38	37	40	40	40 [1])	41	41	40	40	42	**42**
Saarland	24	28	31	37	33	29	·	27	27	28	29	25	**32**
Süddeutsche Länder	**35**	**35**	**37**	**38**	**39**	**40**	·	**42**	**44**	**42**	**39**	**39**	**38**

· = Keine Angaben
*) = Ende der Zeitreihe in (West-)Berlin, Beginn einer neuen Zeitreihe (Gesamt-)Berlin
[1]) Ergebnisse aufgrund einer Erhebung im 16 x 16 km-Raster

Tabelle 1

Waldschäden nach Ländern von 1984 bis 1996

c) Anteil der Bäume mit deutlichen Schäden

Land	Anteil der Bäume mit schwachen Schäden (Schadstufe 1) [in %]												
	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Bremen	·	21	42	25	13	20	5	13	10	13	15	12	**13**
Hamburg	11	26	30	24	15	14	16	17	17	14	15	15	**15**
Niedersachsen	9	10	11	8	10	13	17	10	13	16	17	17	**15**
Nordrhein-Westfalen	11	10	11	16	10	10	13	11	16	16	15	14	·
Schleswig-Holstein	12	10	13	23	18	18	15	15	13	16	18	20	**27**
Nordwestdeutsche Länder	**10**	**10**	**11**	**13**	**11**	**12**	**15**	**11**	**14**	**16**	**16**	**16**	·
Berlin	8	14	28	22	25	23	13 [*]	29 [*]	14	25	21	18	**13**
Brandenburg	·	·	·	·	·	·	24 [1]	33	25	17	18	14	**11**
Mecklenburg-Vorpommern	·	·	·	·	·	·	40 [1]	49	43	30	11	10	**6**
Sachsen	·	·	·	·	·	·	25 [1]	27	21	24	25	17	**18**
Sachsen-Anhalt	·	·	·	·	·	·	52 [1]	34	32	33	18	21	**14**
Thüringen	·	·	·	·	·	·	34 [1]	50	54	50	45	39	**37**
Ostdeutsche Länder	·	·	·	·	·	·	**36 [1]**	**38**	**34**	**29**	**23**	**20**	**16**
Baden-Württemberg	24	27	23	21	17	20	19 [1]	17	24 [1]	31 [1]	26	27 [1]	**35 [1]**
Bayern	26	28	26	21	18	18	·	30	32	22	30	23	**16**
Hessen	9	12	19	19	17	17	19 [1]	29	33	35	38	40	**35**
Rheinland-Pfalz	8	9	8	9	10	10	10 [1]	12	13	14	21	19	**22**
Saarland	7	10	11	17	19	15	·	17	18	21	18	23	**21**
Süddeutsche Länder	**20**	**22**	**22**	**19**	**17**	**17**	·	**24**	**27**	**25**	**29**	**26**	**25**

· = Keine Angaben
[*]) = Ende der Zeitreihe in (West-)Berlin, Beginn einer neuen Zeitreihe (Gesamt-)Berlin
[1]) Ergebnisse aufgrund einer Erhebung im 16 x 16 km-Raster

Tabelle 2 **Entwicklung der Waldschäden 1996 im Vergleich zum Vorjahr**

a) Nadelbäume

Baumart	Ländergruppe	Anteil der Schadstufen [in %]								
		0 ohne Schadmerkmale			1 schwache Schäden			2–4 deutliche Schäden		
		1995	1996	**Veränderung**	1995	1996	**Veränderung**	1995	1996	**Veränderung**
Fichte	Nordwestdt.	58	·	·	29	·	·	13	·	·
	Ostdt.	39	50	+ 11	34	28	– 6	27	22	– 5
	Süddt.	45	47	+ 2	34	34	± 0	21	19	– 2
	Gesamt D	**46**	**49**	**+ 3**	**33**	**33**	± 0	**21**	**18**	**– 3**
Kiefer	Nordwestdt.	47	·	·	44	·	·	9	·	·
	Ostdt.	45	51	+ 6	42	38	– 4	13	11	– 2
	Süddt.	28	32	+ 4	50	49	– 1	22	19	– 3
	Gesamt D	**40**	**44**	**+ 4**	**45**	**43**	**– 2**	**15**	**13**	**– 2**
sonstige Nadelbäume *)	Nordwestdt.	68	·	·	26	·	·	6	·	·
	Ostdt.	56	60	+ 4	30	30	± 0	14	10	– 4
	Süddt.	36	34	– 2	34	37	+ 3	30	29	– 1
	Gesamt D	**47**	**48**	**+ 1**	**32**	**33**	**+ 1**	**21**	**19**	**– 2**
Nadelbäume gesamt	Nordwestdt.	55	·	·	34	·	·	11	·	·
	Ostdt.	44	51	+ 7	39	35	– 4	17	14	– 3
	Süddt.	40	42	+ 2	38	38	± 0	22	20	– 2
	Gesamt D	**44**	**48**	**+ 4**	**38**	**36**	**– 2**	**18**	**16**	**– 2**

*) = z. B. Lärche, Douglasie, Tanne
· = keine Ergebnisse verfügbar
1996: NW wurde mittels Korrekturwert berücksichtigt

Tabelle 2 **Entwicklung der Waldschäden 1996 im Vergleich zum Vorjahr**

b) Laubbäume

Baumart	Ländergruppe	Anteil der Schadstufen [in %]								
		0 ohne Schadmerkmale			1 schwache Schäden			2–4 deutliche Schäden		
		1995	1996	**Veränderung**	1995	1996	**Veränderung**	1995	1996	**Veränderung**
Buche	Nordwestdt.	29	·	·	38	·	·	33	·	·
	Ostdt.	19	29	**+ 10**	41	41	± 0	40	30	**– 10**
	Süddt.	18	20	**+ 2**	44	45	**+ 1**	38	35	**– 3**
	Gesamt D	**21**	**25**	**+ 4**	**42**	**43**	**+ 1**	**37**	**32**	**– 5**
Eiche	Nordwestdt.	33	·	·	44	·	·	23	·	·
	Ostdt.	26	22	**– 4**	38	31	**– 7**	36	47	**+ 11**
	Süddt.	13	11	**– 2**	45	36	**– 9**	42	52	**+ 10**
	Gesamt D	**21**	**18**	**– 3**	**44**	**34**	**– 10**	**35**	**48**	**+ 13**
sonstige Laubbäume *)	Nordwestdt.	57	·	·	32	·	·	11	·	·
	Ostdt.	45	49	**+ 4**	38	37	**– 1**	17	14	**– 3**
	Süddt.	50	57	**+ 7**	35	30	**– 5**	15	13	**– 2**
	Gesamt D	**50**	**55**	**+ 5**	**35**	**33**	**– 2**	**15**	**12**	**– 3**
Laubbäume gesamt	Nordwestdt.	37	·	·	38	·	·	25	·	·
	Ostdt.	33	37	**+ 4**	39	37	**– 2**	28	26	**– 2**
	Süddt.	25	27	**+ 2**	42	39	**– 3**	33	34	**+ 1**
	Gesamt D	**30**	**32**	**+ 2**	**40**	**38**	**– 2**	**30**	**30**	**± 0**

*) = z. B. Ahorn, Linde, Roteiche, Pappel
· = keine Ergebnisse verfügbar
1996: NW wurde mittels Korrekturwert berücksichtigt

Tabelle 3

Entwicklung der deutlichen Schäden nach Baumarten und Ländergruppen in den Jahren 1984 bis 1996
(N = nordwestdeutsche, O = ostdeutsche, S = süddeutsche Länder, D = Bundesrepublik Deutschland)

Jahr	Anteil der Schadstufen 2–4 [in %]															
	Fichte				Kiefer				Buche				Eiche			
	N	O	S	**D**	N	O	S	**D**	N	O	S	**D**	N	O	S	**D**
1984	14	·	22	**21**	13	·	25	**21**	6	·	14	**11**	8	·	10	**9**
1985	13	·	27	**24**	11	·	20	**17**	7	·	17	**15**	9	·	20	**16**
1986	14	·	24	**22**	8	·	18	**15**	13	·	21	**19**	11	·	24	**20**
1987	13	·	18	**17**	3	·	16	**12**	25	·	20	**22**	18	·	24	**22**
1988	13	·	15	**15**	6	·	15	**12**	14	·	18	**17**	18	·	25	**24**
1989	11	·	14	**14**	4	·	14	**11**	21	·	22	**22**	22	·	27	**26**
1990	14	31	·	**·**	5	30	·	**·**	34	54	·	**·**	19	69	·	**·**
1991	13	38	22	**23 *)**	4	39	25	**29 *)**	20	41	28	**28 *)**	16	50	32	**31 *)**
1992	12	37	24	**24**	4	30	23	**24**	29	47	39	**38**	24	44	31	**32**
1993	16	35	21	**22**	9	23	22	**20**	26	43	31	**32**	31	55	49	**45**
1994	16	33	23	**24**	11	18	27	**20**	24	28	36	**32**	30	46	51	**45**
1995	13	27	21	**21**	9	13	22	**15**	33	40	38	**37**	23	36	42	**35**
1996	·	**22**	**19**	**18**	·	**11**	**19**	**13**	·	**30**	**35**	**32**	·	47	**52**	**48**

*) = Beginn einer neuen Zeitreihe für das seit dem 3. Oktober 1990 erweiterte Bundesgebiet
· = keine Ergebnisse verfügbar
1996: NW wurde mittels Korrekturwert berücksichtigt

Tabelle 4

Waldschäden nach Bundesländern und Baumarten

Land	Anteil der Schadstufen 2–4								
	a) Nadelbäume				**b) Laubbäume**				
	Fichte	Kiefer	sonst. Nadel bäume [1])	Nadel-bäume gesamt	Buche	Eiche	sonst. Laub-bäume [2])	Laub-bäume gesamt	alle Baum-arten
Bremen	39	12	·	14	·	24	·	12	13
Hamburg	17	19	4	16	13	16	15	14	15
Niedersachsen	17	9	3	10	28	49	7	27	15
Nordrhein-Westfalen	·	·	·	·	·	·	·	·	·
Schleswig-Holstein	35	3	11	20	41	31	17	31	27
Nordwestdt. Länder	·	·	·	·	·	·	·	·	·
Berlin	·	11	·	11	·	23	·	23	13
Brandenburg	·	11	4	10	21	34	10	18	11
Mecklb.-Vorpommern	4	5	4	5	13	6	3	5	6
Sachsen	25	7	4	17	·	·	13	22	18
Sachsen-Anhalt	15	3	·	5	31	50	20	32	14
Thüringen	25	42	52	31	40	90	39	49	37
Ostdt. Länder	**22**	**11**	**10**	**13**	**30**	**47**	**14**	**26**	**16**
Baden-Württemberg	·	·	·	·	·	·	·	·	35
Bayern	14	10	·	14	22	46	·	23	16
Hessen	22	37	20	27	47	50	21	45	35
Rheinland-Pfalz	13	8	9	10	34	50	17	36	22
Saarland	12	15	15	14	38	19	16	25	21
Süddt. Länder	**19**	**19**	**29**	**20**	**35**	**52**	**13**	**34**	**25**
Deutschland [3])	**18**	**13**	**19**	**16**	**32**	**48**	**12**	**30**	**20**

· = keine Angaben
[1]) z. B. Lärche, Douglasie, Tanne
[2]) z. B. Ahorn, Linde, Roteiche, Pappel
[3]) NW wurde mittels eines Korrekturwertes berücksichtigt

Tabelle 5

Waldschäden nach Baumarten, Altersgruppen und Schadstufen 1996

Baumart	Anteil der Schadstufen [in %]								
	unter 60jährig			über 60jährig			Gesamt		
	0	1	**2–4**	0	1	**2–4**	0	1	**2–4**
Fichte	70	23	**7**	22	44	**34**	49	33	**18**
Kiefer	54	38	**8**	33	49	**18**	44	43	**13**
sonst. Nadelbäume [1])	62	31	**7**	15	35	**50**	48	33	**19**
Nadelbäume gesamt	**63**	**30**	**7**	**27**	**46**	**27**	**48**	**36**	**16**
Buche	51	35	**14**	12	46	**42**	25	43	**32**
Eiche	37	34	**29**	7	33	**60**	18	34	**48**
sonst. Laubbäume [2])	61	29	**10**	37	42	**21**	55	33	**12**
Laubbäume gesamt	**54**	**32**	**14**	**14**	**42**	**44**	**32**	**38**	**30**
alle Baumarten	**60**	**30**	**10**	**22**	**45**	**33**	**43**	**37**	**20**

[1]) z. B. Lärche, Douglasie, Tanne
[2]) z. B. Ahorn, Linde, Roteiche, Pappel

Tabelle 6a

Entwicklung der Waldschäden von 1984 bis 1996 nach Altersgruppen

a) Fichte

Jahr	Anteil der Fichten in Schadstufe 2–4 in %		
	bis 60jährig	über 60jährig	Gesamt
1984	9	39	**21**
1985	11	45	**24**
1986	10	41	**22**
1987	7	34	**17**
1988	5	29	**15**
1989	4	29	**14**
1990	·	·	**·**
1991	10	42	**23**
1992	11	44	**24**
1993	8	40	**22**
1994	9	42	**24**
1995	8	36	**21**
1996	**7**	**34**	**18**

· = keine Angaben verfügbar; ab 1990 Beginn einer neuen Zeitreihe: Einbezug der neuen Länder

Tabelle 6b

Entwicklung der Waldschäden von 1984 bis 1996 nach Altersgruppen

b) Kiefer

Jahr	Anteil der Kiefern in Schadstufe 2–4 in %		
	bis 60jährig	über 60jährig	Gesamt
1984	14	30	**21**
1985	11	24	**17**
1986	9	21	**15**
1987	7	19	**12**
1988	9	16	**12**
1989	6	17	**11**
1990	·	·	**·**
1991	23	36	**29**
1992	19	29	**24**
1993	16	26	**20**
1994	14	26	**20**
1995	11	20	**15**
1996	**8**	**18**	**13**

· = keine Angaben verfügbar; ab 1990 Beginn einer neuen Zeitreihe: Einbezug der neuen Länder

Tabelle 6c

Entwicklung der Waldschäden von 1984 bis 1996 nach Altersgruppen

c) Buche

Jahr	Anteil der Buchen in Schadstufe 2–4 in %		
	bis 60jährig	über 60jährig	Gesamt
1984	6	14	**12**
1985	7	18	**14**
1986	9	24	**19**
1987	9	28	**22**
1988	8	22	**17**
1989	5	30	**22**
1990	·	·	·
1991	12	35	**28**
1992	20	47	**38**
1993	14	39	**32**
1994	10	41	**32**
1995	15	46	**37**
1996	**14**	**42**	**32**

· = keine Angaben verfügbar; ab 1990 Beginn einer neuen Zeitreihe: Einbezug der neuen Länder

Tabelle 6d

Entwicklung der Waldschäden von 1984 bis 1996 nach Altersgruppen

d) Eiche

Jahr	Anteil der Eichen in Schadstufe 2–4 in %		
	bis 60jährig	über 60jährig	Gesamt
1984	4	11	**9**
1985	8	20	**16**
1986	8	25	**20**
1987	11	26	**22**
1988	11	30	**24**
1989	10	32	**26**
1990	·	·	·
1991	19	37	**31**
1992	22	37	**32**
1993	24	54	**45**
1994	25	53	**45**
1995	17	43	**35**
1996	**29**	**60**	**48**

· = keine Angaben verfügbar; ab 1990 Beginn einer neuen Zeitreihe: Einbezug der neuen Länder

Tabelle 6e

Entwicklung der Waldschäden von 1984 bis 1996 nach Altersgruppen

e) alle Baumarten

Jahr	Anteil der Bäume in Schadstufe 2–4 in %		
	bis 60jährig	über 60jährig	Gesamt
1984	9	27	**17**
1985	10	30	**19**
1986	9	31	**19**
1987	8	29	**17**
1988	7	25	**15**
1989	6	28	**16**
1990	·	·	·
1991	15	37	**25**
1992	16	39	**27**
1993	12	37	**24**
1994	12	38	**25**
1995	10	34	**22**
1996	**10**	**33**	**20**

· = keine Angaben verfügbar; ab 1990 Beginn einer neuen Zeitreihe: Einbezug der neuen Länder

Tabelle 7

Entwicklung der Vergilbungen nach Baumarten in den Jahren von 1986 bis 1996

	Anteil der Bäume [2]) mit Vergilbungen/Verfärbungen [in %]					
	Fichte	Kiefer	Tanne	Buche	Eiche	alle Baumarten
bis 60jährig						
1986	6	2	8	7	3	5
1987	4	2	5	5	5	4
1988	3	4	9	9	3	4
1989	5	2	15	6	2	4
1990	*	*	*	*	*	*
1991	6	6	13	4	3	5
1992	6	8	1	4	4	7
1993	7	2	14	9	7	5
1994	4	5	12	3	7	5
1995	3	5	20	2	2	4
1996	**6**	**4**	**0**	**10**	**4**	**5**
über 60jährig						
1986	9	2	16	10	2	7
1987	8	2	10	6	1	5
1988	7	3	14	9	3	6
1989	9	2	17	8	3	6
1990	*	*	*	*	*	*
1991	9	6	14	6	4	7
1992	7	8	21	12	5	9
1993	7	2	33	14	6	8
1994	7	6	17	6	6	6
1995	3	3	27	3	3	4
1996	**5**	**5**	**14**	**8**	**4**	**6**
Gesamt						
1986	7	2	13	9	2	6
1987	5	2	8	5	2	4
1988	5	3	12	9	3	5
1989	7	2	17	7	2	5
1990	*	*	*	*	*	*
1991	7	6	13	6	4	6
1992	6	8	14	9	5	8
1993	7	2	26	12	6	6
1994	5	5	15	5	6	5
1995	3	4	25	5	3	4
1996	**6**	**4**	**10**	**8**	**4**	**5**

* Beginn einer neuen Zeitreihe für das seit 1990 erweiterte Bundesgebiet

[1]) Angaben für 1993 ohne Bremen und Hamburg, 1996 ohne NW

[2]) In dieser Tabelle sind die Bäume erfaßt, bei denen mehr als 10 % der Nadel-/Blattmasse Verfärbungs- bzw. Vergilbungserscheinungen aufweisen

Tabelle 8

Entwicklung der Waldschäden bei Tanne in den Jahren von 1984 bis 1996

Jahr	Anteil der Schadstufen [in %]		
	0	1	**2–4**
1984	13	29	**58**
1985	13	21	**67**
1986	17	22	**61**
1987	21	27	**52**
1988	27	28	**47**
1989	27	29	**44**
1990	·	·	·
1991	24	35	**41**
1992	23	35	**42**
1993	15	34	**51**
1994	21	29	**50**
1995	19	32	**49**
1996	**16**	**34**	**50**

· = keine Angaben verfügbar

Tabelle 9

Insekten- und Pilzbefall 1996

Schadstufe	Anteil der Bäume [in %] mit mittlerem und starkem Schädlingsbefall *)				
	Fichte	Kiefer	Buche	Eiche	**Gesamt**
0 (ohne Schadmerkmale)	0	0,3	1,8	3,2	**0,5**
1 (schwach geschädigt)	0,7	1,0	5,1	10,8	**2,6**
2 (mittelstark geschädigt)	1,4	3,2	9,8	29,6	**10,1**
3 (stark geschädigt)	14,1	5,3	3,3	67,0	**21,5**
Alle Schadstufen	**0,7**	**1,0**	**5,8**	**20,6**	**3,4**

*) d. h.: über 25 % der Nadel-/Blattmasse sind erkennbar von Schädlingen befallen ohne NW
Beispiel: 1,4 % der mittelstark geschädigten Fichten (Schadstufe 2) litten unter mittlerem oder starkem Schädlingsbefall

Tabelle 10

Netzdichten, Stichprobenpunkte und Stichprobenbäume 1996

Bundesland	Netzdichte 1996	Anzahl der	
		Stichprobenpunkte	Stichprobenbäume
Baden-Württemberg	16 × 16 km	47	1 125
Bayern	16 × 16 km (z. T. verdichtet)	183	8 023
Berlin	2 × 2 km	39	936
Brandenburg	4 × 4 km	569	13 656
Bremen	1 × 1 km	19	456
Hamburg	300 m × 300 m	378	4 650
Hessen	8 × 8 km	137	4 363
Mecklenburg-Vorpommern	8 × 8 km	74	1 780
Niedersachsen	12 × 8 km (z. T. 8 × 4 km)	194	4 656
Nordrhein-Westfalen	16 × 16 km	37	925
Rheinland-Pfalz	4 × 12 km (zusätzlich 16 × 16 km)	147	3 528
Saarland	2 × 4 km	96	2 304
Sachsen	4 × 8 km	147	3 528
Sachsen-Anhalt	4 × 4 km	265	6 360
Schleswig-Holstein	z. T. 2 × 2, z. T. 4 × 2 km	200	4 800
Thüringen	8 × 8 km	95	2 256
Deutschland	–	**2 627**	**63 346**

Druck: Bonner Universitäts-Buchdruckerei, 53113 Bonn
Vertrieb: Bundesanzeiger Verlagsgesellschaft mbH, Postfach 13 20, 53003 Bonn, Telefon: 02 28/3 82 08 40, Telefax: 02 28/3 82 08 44
ISSN 0722-8333